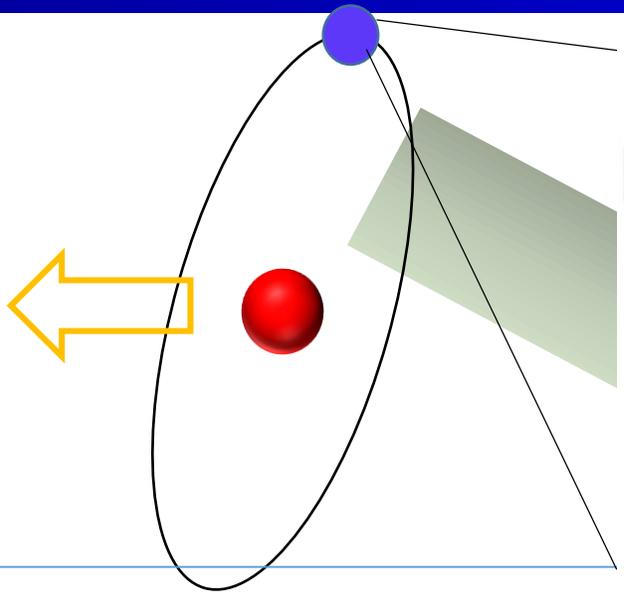


# B02 : 原子核乾板による方向感度を持った暗黒物質探索

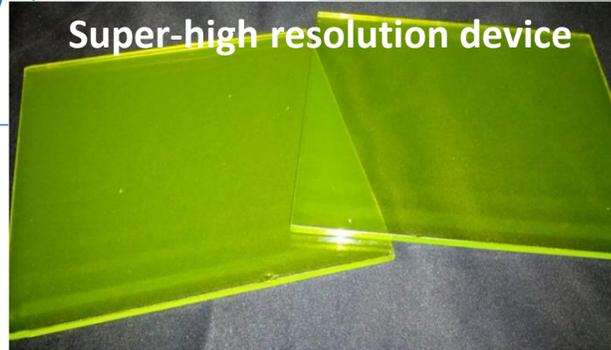
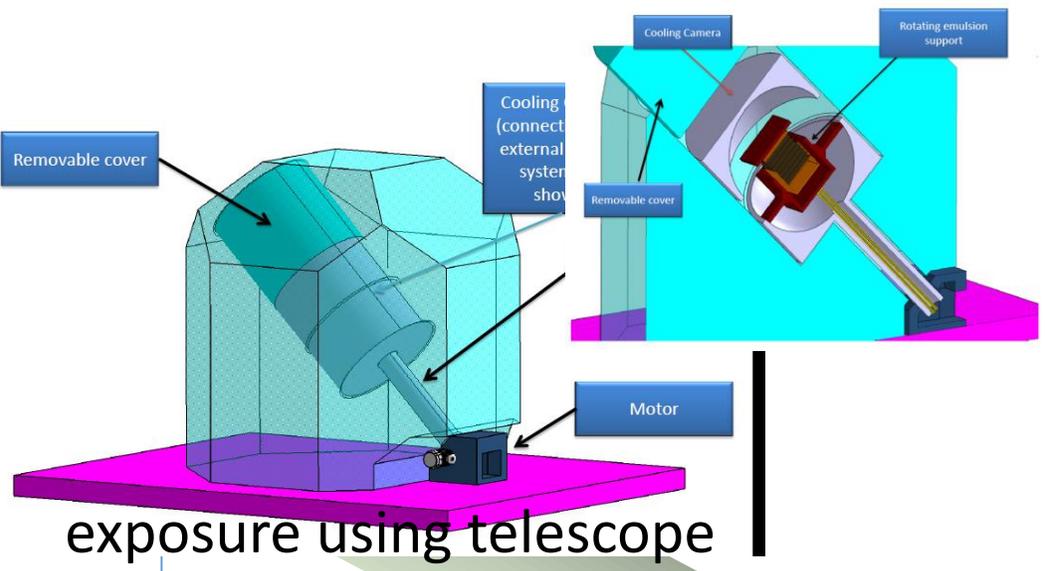
中 竜大  
東邦大学

NEWSdm collaboration

# Concept of NEWSdm experiment using very high resolution nuclear emulsion



**Underground laboratory**  
[Gran Sasso (LNGS)]

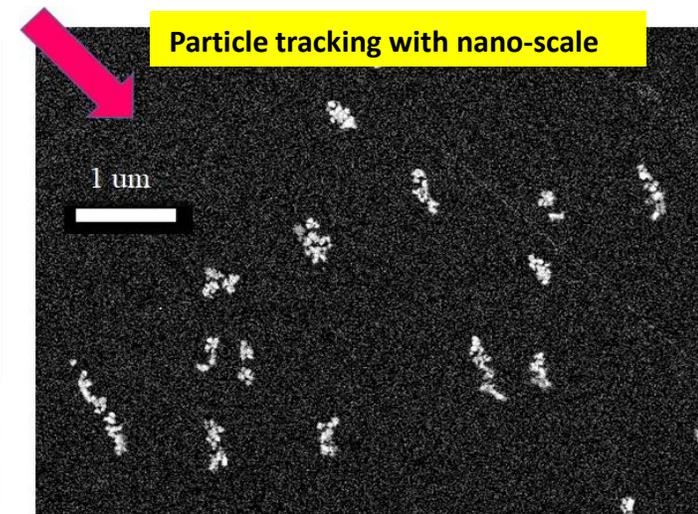
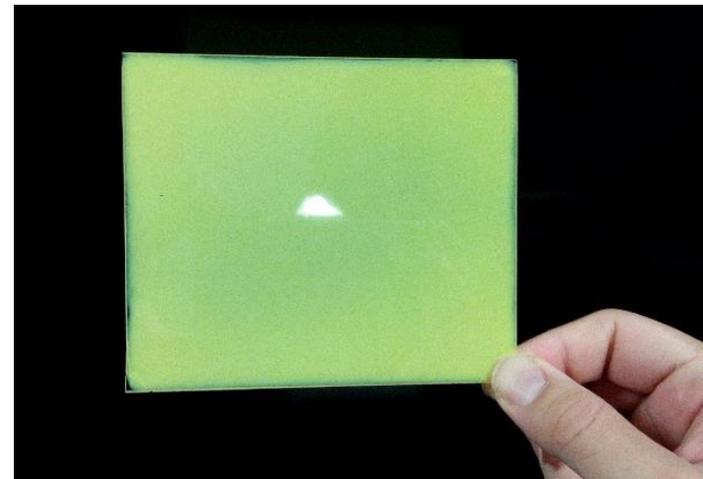
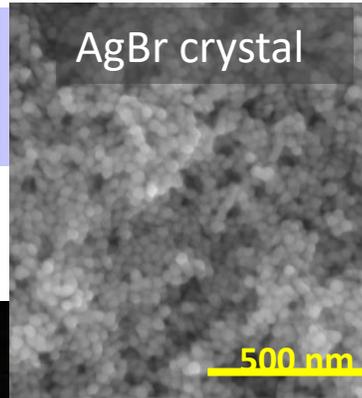


**Surface laboratory**  
[Nagoya, Toho + Napoli, LNGS]



Readout + analysis  
Using microscope techniques<sup>2</sup>

# Nano Imaging Tracker (NIT) for NEWSdm



## Elemental composition of NIT

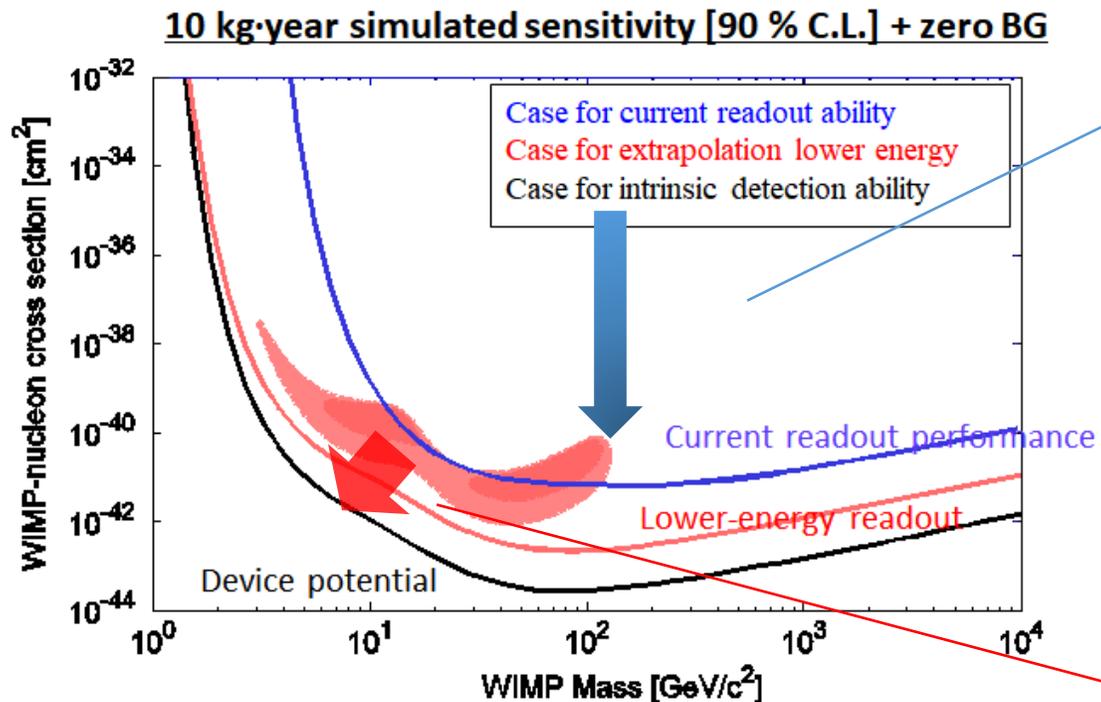
	Mass fraction	Atomic Fraction
Ag	0.44	0.10
Br	0.32	0.10
I	0.019	0.004
C	0.101	0.214
O	0.074	0.118
N	0.027	0.049
H	0.016	0.410
S, Na + others	~ 0.001	~ 0.001

Heavier DM (Ag, Br, I)

Lighter DM (C, O, N, H)

neutron

Current standard AgBr size : 70 nm  
Device Density : 3.3 g/cm<sup>3</sup>



### 低バックグラウンド化

- 低BGデバイス
- AgBr(I)感度特性
- 高度解析による粒子識別

### 高速読み取りシステム

- 高効率事象トリガー
- 読み取り装置高速化 + 増設

### 低閾値化

- 高分解能顕微法
- 超解像事象識別

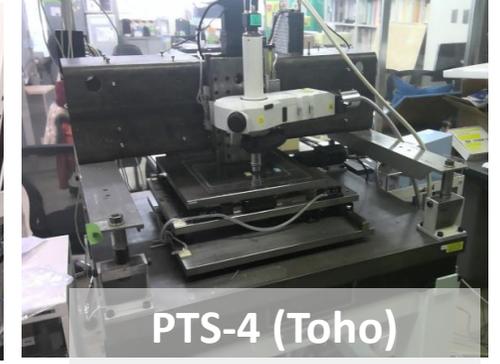
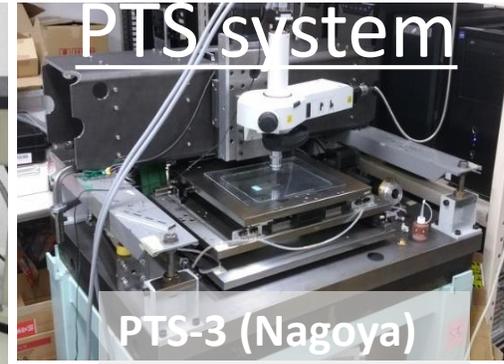
局在表面プラズモンイメージング + 機械学習  
(Napoli大と共同)

- 独自の検出器技術を用いたアプリケーション
- ナノ結晶における物性研究

# Optical microscope readout

## PTS system@Japan

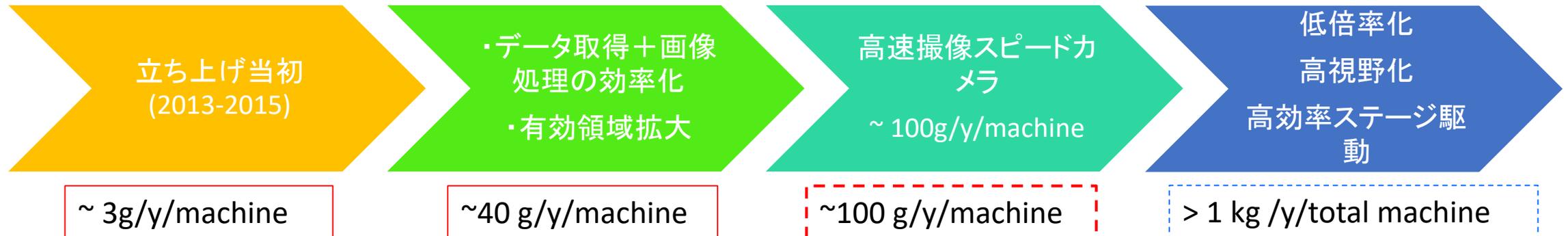
- ❑ Higher speed volume scanning
- ❑ Lower energy threshold trigger



## Super-resolution system@Italy

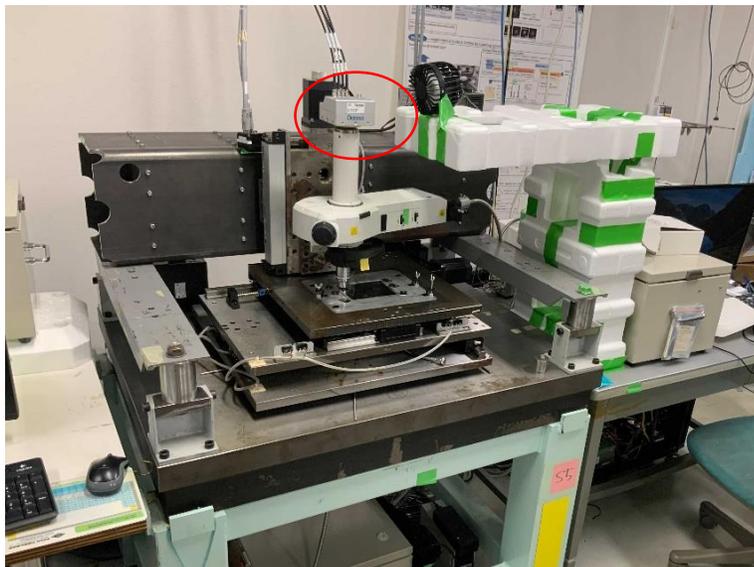
- ❑ Plasmonics analysis
- ❑ Machine learning
- ❑ 3D tracking

Andrey Alexandrov et al., “Super-resolution high-speed optical microscopy for fully automated readout of metallic nanoparticles and nanostructures”, Scientific Reports, 10,18773(2020)



新学術2年目標

## PTS-3@名古屋大学



STC-CMB401PCL



撮像速度 : 300 fps

Image : 2048 x 1088

Px size: 5.5 x 5.5  $\mu$ m

CP70-HD-x-900



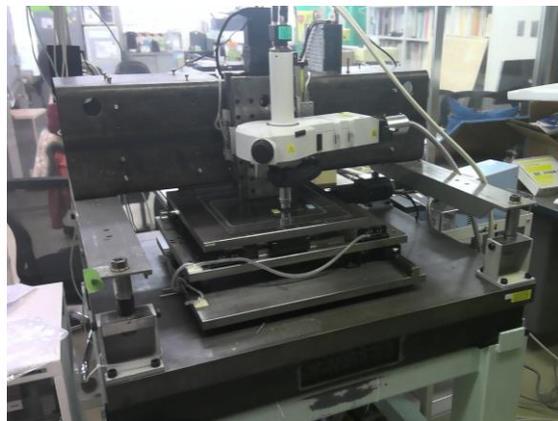
撮像速度 : 908 fps

Image : 1902 x 1080

Px size: 5.5 x 5.5  $\mu$ m



## PTS-4@東邦大学 (実装環境構築済み)



2021年度

+ 2

PTS-5, 6

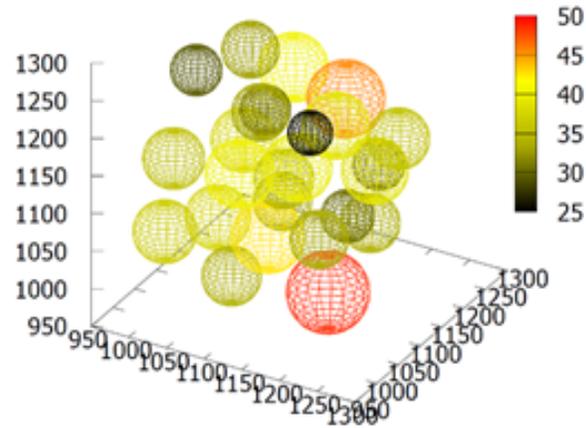
- 高速カメラによる撮像速度の向上
- ステージ駆動の効率化

280ms/viewを達成

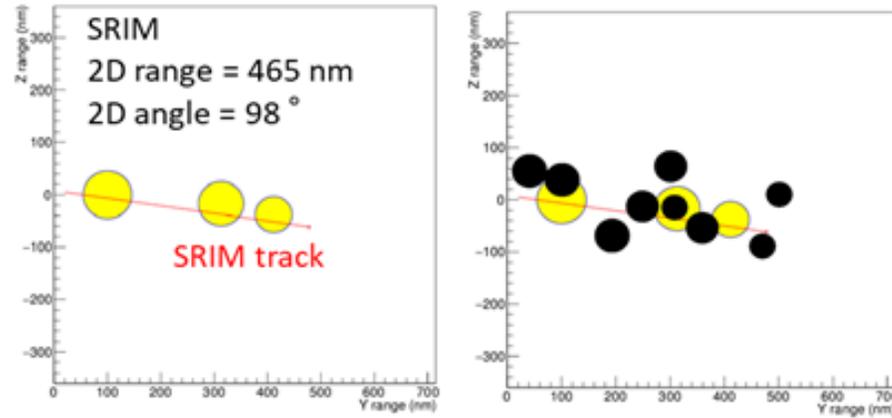
➡ ~ 100 g/y/machine (実行スピード 80 %) を達成

\* 立ち上げ当初(2013-2017)の30倍以上の速度向上を達成

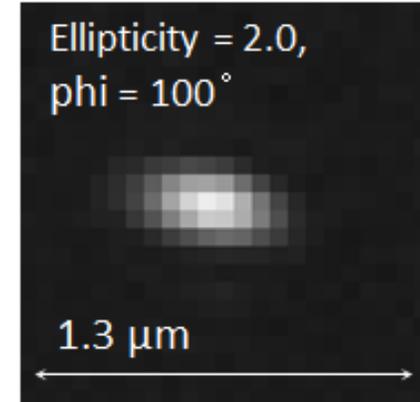
# シミュレーション体制の構築



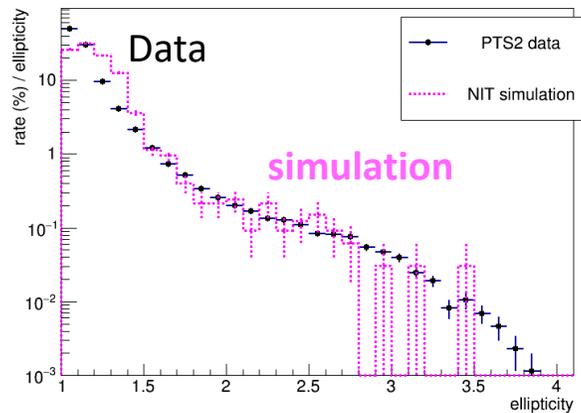
Carbon 100 keV track simulation



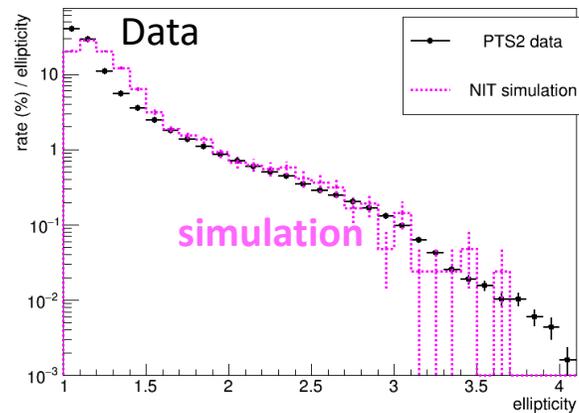
光学シミュレーション像



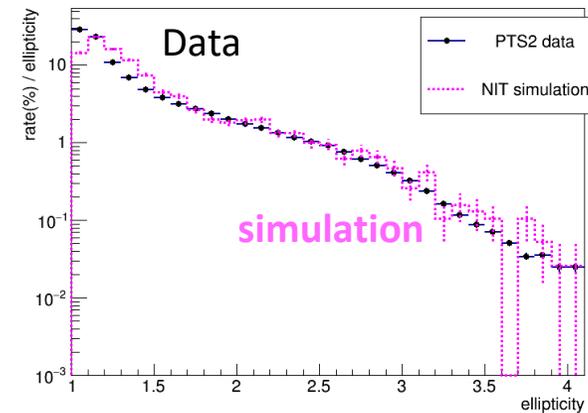
Carbon 30 keV ellipticity



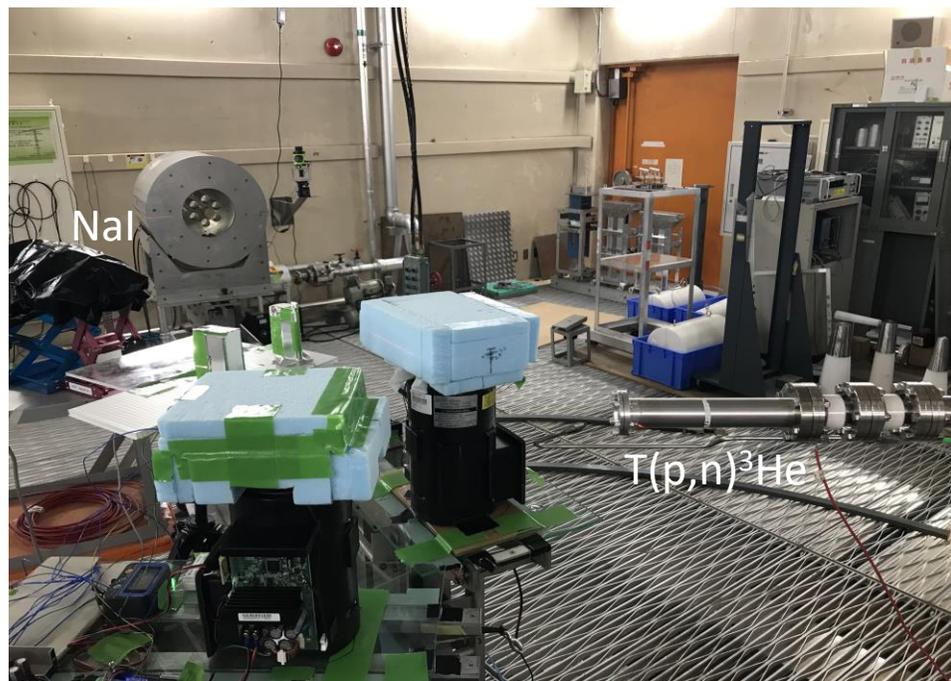
Carbon 60 keV ellipticity



Carbon 100 keV ellipticity

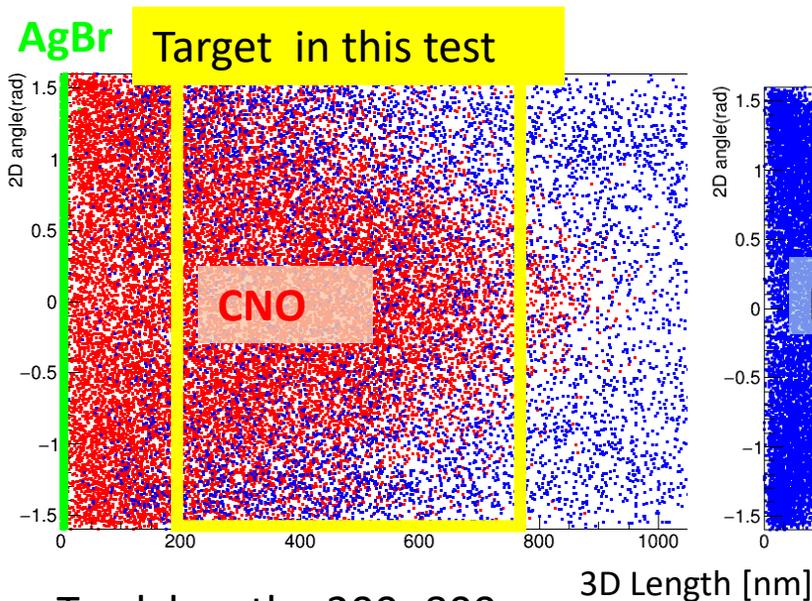


# 中性子による反跳原子核検証 @産総研、中性子標準場

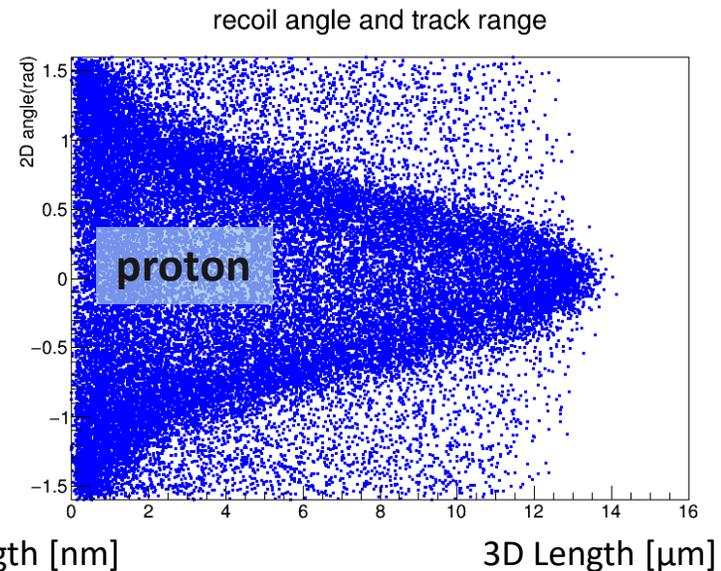


中性子による反跳原子核検出性能の較正

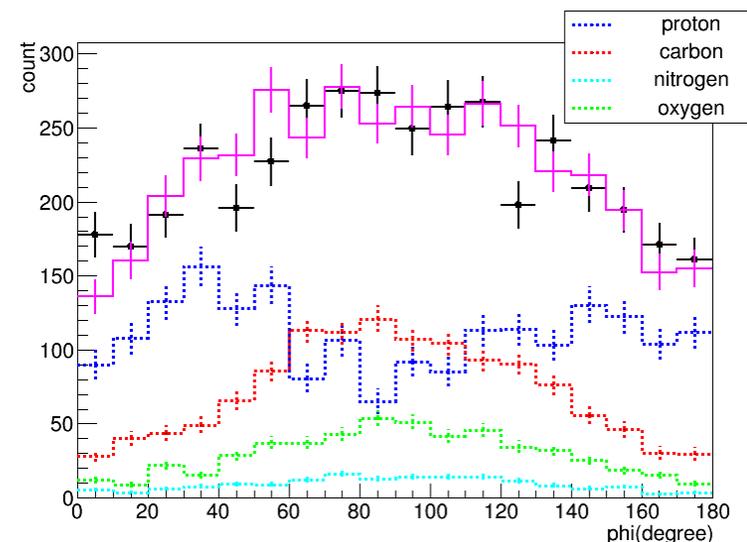
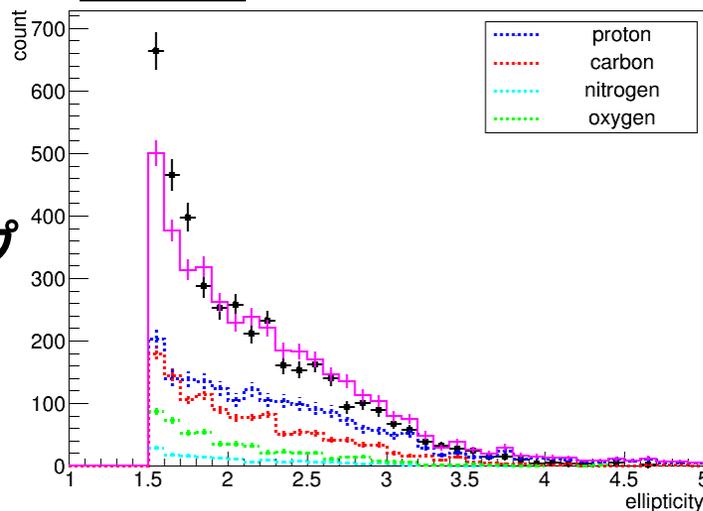
- 産業技術総合研究・中性子標準場グループ
- T(p,n) 反応 880keV



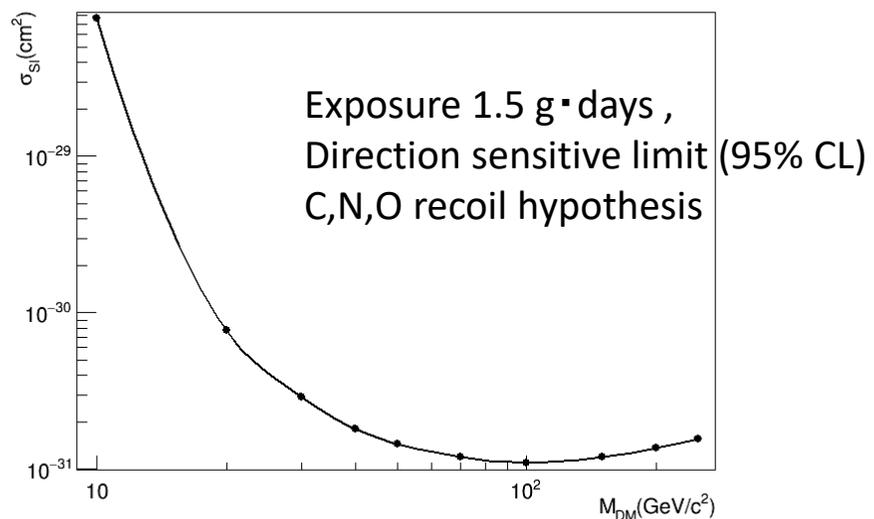
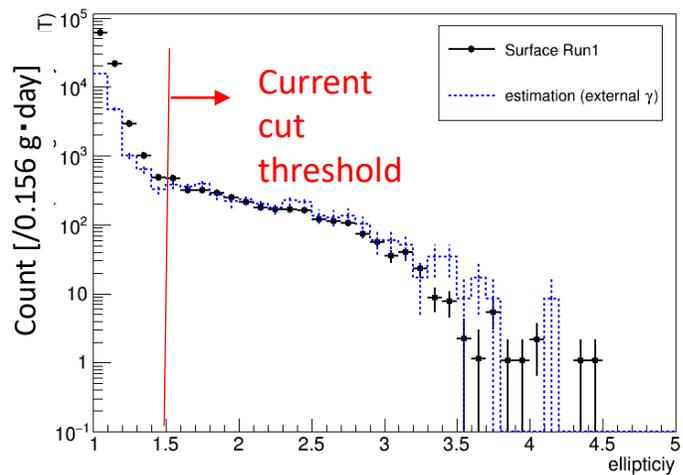
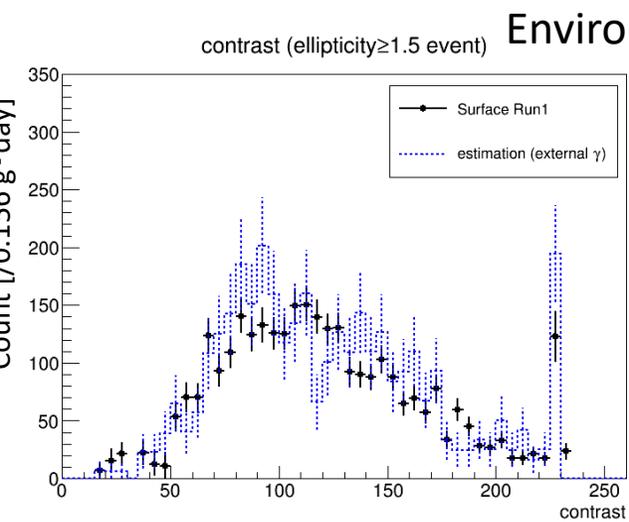
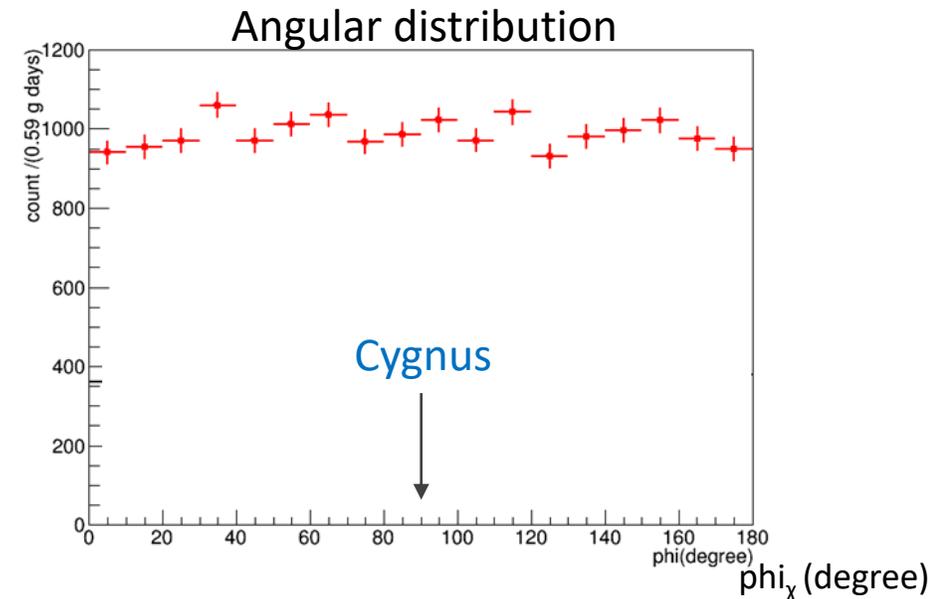
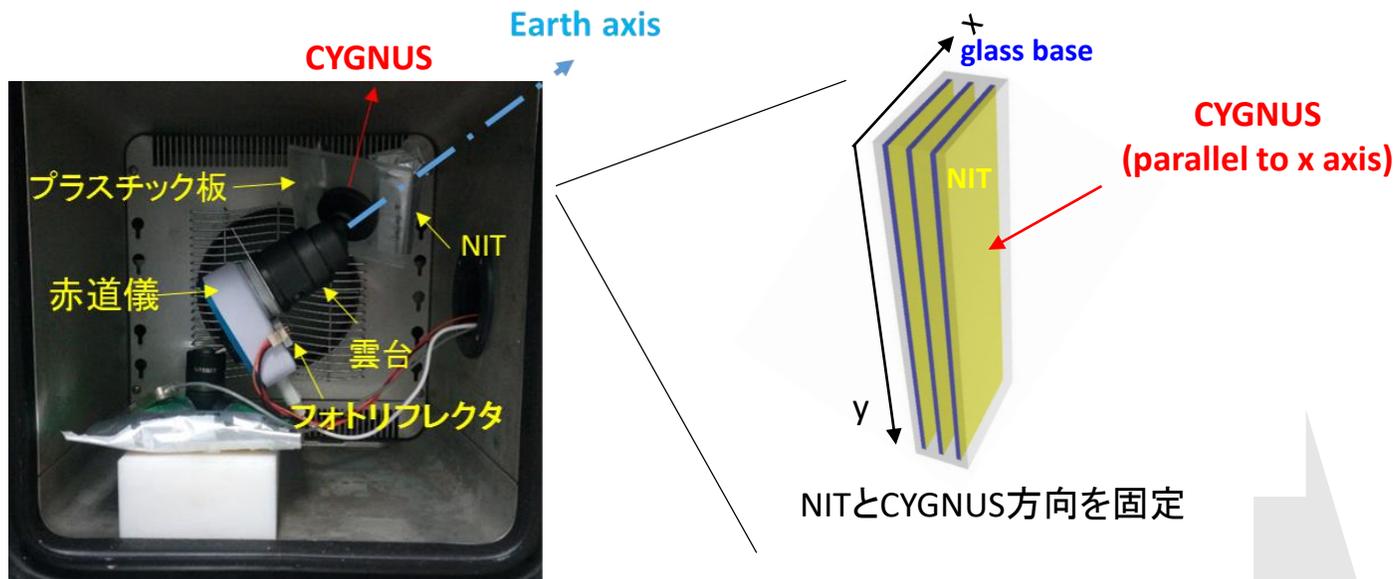
Track length : 200 -800 nm,  
Recoil energy @CNO : 30- 250 keV  
H: 5-150 keV



## Data



# 地上ランによる赤道儀を用いた方向感度探索 実証試験



# Underground activity@LNGS



2020年、セキュリティ対策工事＋コロナ感染症のため活動がほぼ停止

12月以降、オペレーション再開  
(現地スタッフのみで運用)

➡ 現在、バックグラウンドラン進行中

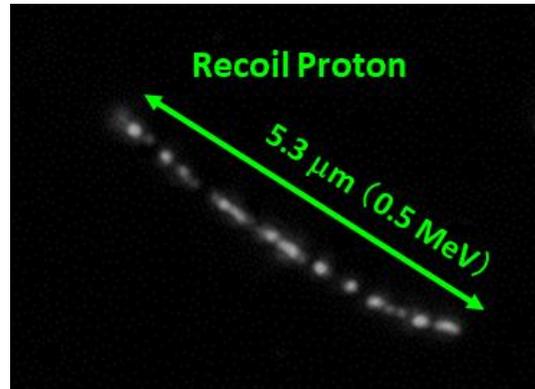
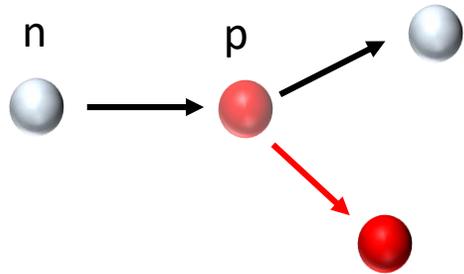
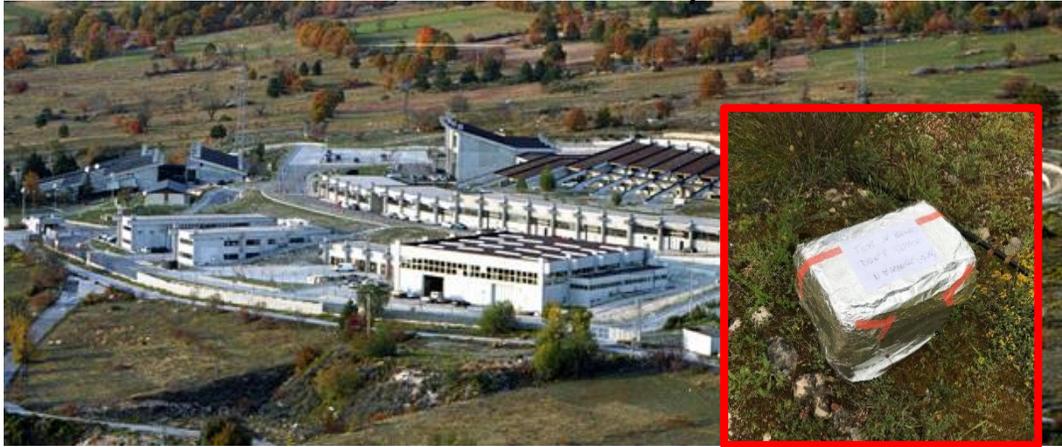
直近、地上ランに対して、4桁以上の電子事象除去を目標



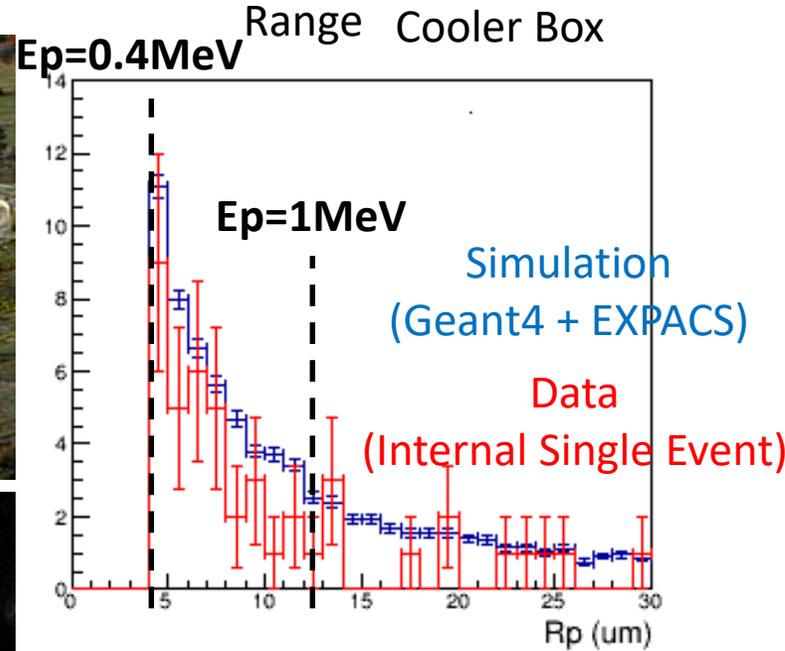
- さらにスケールアップと電子事象(主に、C-14)低感度化＋高識別化
- 地下環境での赤道儀ラン

# Direction sensitive measurement for sub-MeV neutron

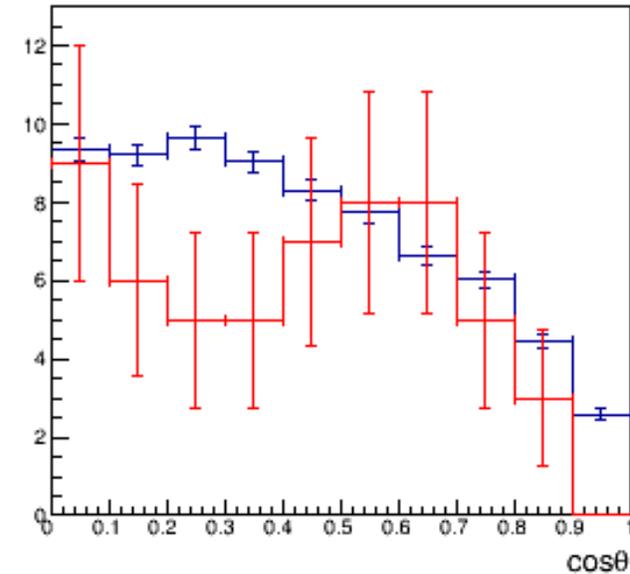
LNGS Laboratory



- NIT was installed outside the building
- Exposure Time : 5.8 day
- Analyzed Area : 28.5 cm<sup>2</sup>
- Analyzed Mass : 0.55 g
- Neutron Flux (0.2~10MeV) :  $7.0 \times 10^{-3} / \text{cm}^2/\text{s}$



Zenith angle



➤ 4μm以上 (0.4MeV閾値)を解析対象  
(ノイズレベルが高いものを使用したため)

sub-MeV帯(4~16μm)の中性子Fluxは、

**Data:  $(1.0 \pm 0.2) \times 10^{-3} / \text{cm}^2/\text{s}$**

**EXPACS:  $1.5 \times 10^{-3} / \text{cm}^2/\text{s} @ 0.4 \sim 1 \text{MeV}$**

✓ Fluxは予測値に比べて若干少ないが、Spectrumは大体合う

# Surface-run demonstration

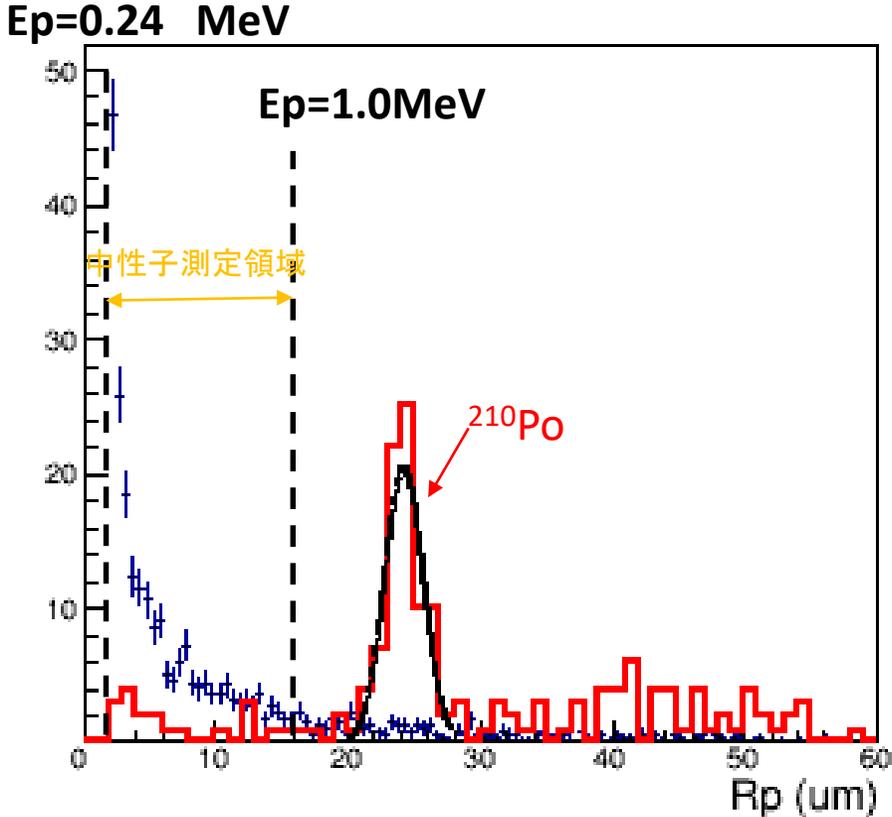


名古屋大学理学館B116室の低温チェンバー内

- Exposure Time : 31 day
- Analyzed Area : 36.2 cm<sup>2</sup>
- Analyzed Mass : 0.71 g

2021年度 : 10倍以上のスケールでの実験・解析体制の構築

⇒ 地下観測へ



- ✓ エネルギー閾値を0.24MeVまで下げることには成功
- ✓ 建物や低温チェンバーに散乱されてsub-MeV帯が見えなかったと予測
- ✓ <sup>210</sup>Poのα線再構成にも成功

sub-MeV帯(2~16μm: 0.2-1 MeV)の中性子フラックスは、  
**Data: (6.0 ± 1.8) x10<sup>-5</sup> /cm<sup>2</sup>/s**  
**EXPACS: 6.3 x10<sup>-4</sup> /cm<sup>2</sup>/s @ 0.24~1MeV**

# まとめ

研究内容：方向に感度を持つ暗黒物質探索実験

ガス検出器 (NEWAGE) : (5年目標 DAMA領域の探索)  
(2年目標 低BG  $\mu$ -PIC試作)

試作機 (10cm) を予定していたが、実機 (30cm角) 製作できた  
ガス中からのラドンの除去 : (5年目標 低BG吸着剤(MS)の開発)  
(2年 ラドン吸着MSの開発)

ラドン吸着のみならず、放出比の良いものを製作できた  
原子核乾板(NEWSdm) : (5年目標 低BG装置開発、暗黒物質探索実験)  
(2年 赤道儀試作) done

