

課題番号	: F-18-NU-0014
利用形態	: 機器利用
利用課題名(日本語)	: 方向感度を持つ暗黒物質探索用検出器としての超高分解能原子核乾板における低速イオン検出性能の評価
Program Title(English)	: Evaluation of detection performance to low-velocity ions for super-high resolution nuclear emulsion as direction sensitive dark matter detector
利用者名(日本語)	: <u>中竜大¹⁾</u> , 梅本篤宏 ²⁾
Username(English)	: <u>T. Naka¹⁾</u> , A. Umemoto ²⁾
所属名(日本語)	: 1) 名古屋大学素粒子宇宙起源研究機構・現象解析研究センター, 2) 名古屋大学大学院理学研究科
Affiliation(English)	: 1) Kobayashi-Maskawa Institute・Center for Experimental Studies, Nagoya University 2) Graduate School of Science, Nagoya University
キーワード/Keyword	: ドーピング、イオン注入装置、原子核乾板、暗黒物質

1. 概要(Summary)

本研究は、独自に開発した超高分解能の荷電粒子飛跡検出デバイスである超微粒子原子核乾板 (Nano Imaging Tracker : NIT) を検出デバイスとする方向感度を持たせた宇宙の暗黒物質検出を目的としたものである。イオン注入装置は、暗黒物質信号の疑似信号として用いることができ、数 10-100keV の炭素イオンを NIT に入射することで NIT デバイスの性能評価を行うことができる。今年度においては、NIT を構成するセンサーとしての役割を担うハロゲン化銀結晶のサイズを従来の 40nm のほかに、70nm に調整したデバイスを開発し、その検出性能評価を行った。さらに、40nm のデバイスにおいては、低速炭素イオンを信号とした機械学習研究を行い、背景事象との識別研究を進めた。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】 イオン注入装置

【実験方法】

独自製造した NIT デバイスをプラスチック基板に塗布し、亜硫酸ナトリウムを用いた処理液で増感処理を行ったフィルム状デバイスをイオン注入装置用サンプルマウントにセットし、30-100keV の炭素イオンを照射し、その後、現像処理することで、解析可能な状態にした。この際、NIT は、結晶サイズを約 40nm および 70nm に調整し、それぞれについて同様の手順で実験を行った。

現像したデバイスは、独自開発した光学顕微鏡ベースの自動解析システム(PTS)を用いて、信号解析を行った。40nm 結晶を持つデバイスについては、PTS からアウトプットされるパラメータ、さらにその光学波長依存性をとり、

それらを多変解析法の一つである Boosted Decision Tree (BDT) にかけることで機械学習を行い、さらに同様の処理をノイズ成分についても行うことで、通常データは識別できない信号同士の識別可能性を検討した。

70nm 結晶については、その光学応答および検出効率を評価することで、実際の暗黒物質探索における探索感度の検討を行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

40nm 結晶における機械学習性能について Fig.1 示した。この結果から、シグナル(低速イオン) 50%の検出効率で、背景ノイズ除去能 95%の性能が確認され、初めて本研究における機械学習の有効性が示された。

70nm 結晶においては、検出効率が例えば 100keV の炭素イオンにおいて、楕円パラメータ 1.5 で 15%(w/方向情報)であることが確認され、結晶サイズを従来の 40nm から 70nm と大きくしたことによる光学輝度の増大も確認することができ、検出におけるエネルギー閾値は低下するものの、事象識別の精度が向上することが明らかになり、暗黒物質探索デバイスとしての有効性を確認することができた。

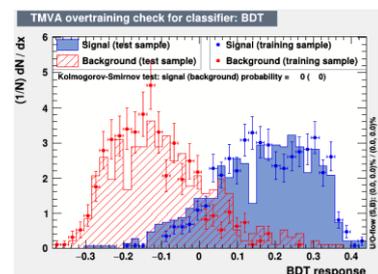


Fig. 1 Result of BDT analysis for NIT with 40 nm AgBr crystal. Red; background events, Blue: signal (low velocity ion) events.

4. その他・特記事項 (Others)

・科研費 基盤研究 (A)「超微粒子原子核乾板と超解像
飛跡解析法による方向感度を持った暗黒物質探索実験」
18H03699

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

(1) Tatsuhiro Naka “Directional Search for Dark
Matter Using Nuclear Emulsion”, ICHEP2018;
Seoul, South Korea, July 4-11, 2018

(2) Tatsuhiro Naka “Directional Search for Dark
Matter Using Nuclear Emulsion – NEWSdm”,
Blois 2018: 30th Rencontres de Blois on “Particle
Physics and Cosmology”, Blois, France, June 3-8,
2018

(3) 福澤佑哉, 中竜大, 梅本篤宏, 小林龍太, 白石卓也,
多田智美, 轟祈, 他 NEWSdm コラボレーション「エマル
ジョン暗黒物質探索実験 NEWSdm(2)～飛跡の光学スペ
クトル情報を用いたノイズ分別手法の開発～」2018 年 9
月 16 日 信州大学松本キャンパス
他

6. 関連特許 (Patent)

なし。