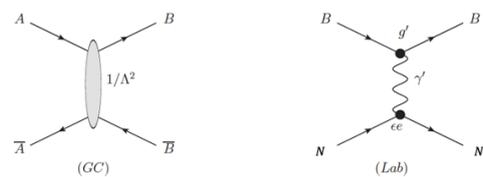


## 素粒子物理学教室

## 1 Boosted Dark Matter 検出に向けた超微粒子原子核乾板における低エネルギー陽子と電子事象の識別

土方 歌乃

近年、暗黒物質が宇宙線などによって加速される新しいモデルが提案されている。暗黒物質が加速されること (Boosted Dark Matter, BDM)により、これまで探索が行われてこなかった低質量領域での暗黒物質探索が可能となる。そこで本研究では超微粒子原子核乾板を用いた BDM による低エネルギー反跳陽子飛跡を検出するための解析手法の研究を行なった。解析手法として画像識別に特化した機械学習である畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用い、イオン注入装置によって作製した 100keV および 150keV の低エネルギー陽子飛跡と NIT の背景事象である電子事象の画像を用いて教師データを作成した。それによる陽子の飛跡の検出効率、および電子事象との識別効率の評価を進めた。

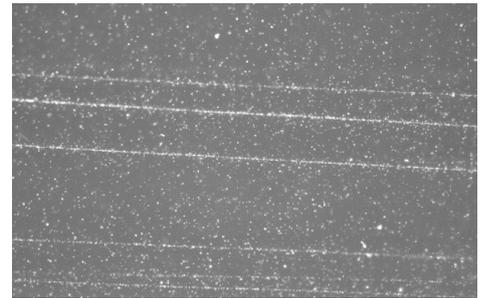


Boosted Dark Matter の生成過程

## 2 スチレン・無水マレイン酸重合体とポリビニールアルコールを用いた原子核乾板の開発

長川 恵美

超微粒子原子核乾板で使われているゼラチンは、ハロゲン銀結晶の安定化などの多くの利点がある。しかしゼラチン内に含まれる $^{14}\text{C}$ は崩壊して電子を放出し飛跡を形成するため、これが暗黒物質検出実験において減らすことの出来ない背景事象となってしまう。そこでゼラチンの代わりにポリビニールアルコールとスチレンマレイン酸を合成したポリマーを用いた原子核乾板を作成し、実用化可能であるかの検証を行った。さらにAMSを用いて $^{14}\text{C}$ の量を測定し、ゼラチンと比較したところ、1000分の1以下であることが分かった。また作成した原子核乾板に $\alpha$ 線、Feイオンを照射し、飛跡の観察可能な乾板であることが検証できた。



作成した原子核乾板に Fe イオンを照射し、顕微鏡で観察した飛跡

## 3 超微粒子乾板での現像処理による残留銀の質量に基づいた最適化条件

山本 龍人

暗黒物質の探査を行う実験では数十 nm サイズの銀を使った超微粒子原子核乾板が用いられる。超微粒子原子核乾板はハロゲン化銀が高密度で存在していて高い空間分解能を持ち合わせる。しかし水洗が不十分な場合や酸化が激しい場合には、原子核乾板が変色、退色を起こし当時の飛跡を観察することが困難になる。変色や退色の原因となる銀の析出を防ぐためには、チオ硫酸イオンとの結合を防ぐことと硫酸銀の結合を防ぐことにある。残留銀を除去する方法の1つである水洗促進剤に着目した。残留銀を定量的に測定することで水洗促進剤による効果および現像処理の最適条件を検討した。

#### 4 エアロゲルリングイメージチェレンコフ光検出器のデータ取得装置に生じる放射線の影響調査

庄司 桃香

高エネルギー加速器研究機構で行われている Belle II 実験では、B 中間子などの崩壊を精密に測定し、標準理論を超える新しい物理法則を発見することを目標としている。2018 年 3 月からデータ収集を開始し、ビーム電流の調整やデータ収集効率の改善などを進めながら運転を行っている。Belle II 実験で用いられている ARICH 検出器 (Aerogel Ring Imaging Cherenkov Counter) のデータ取得系では、主にビームバックグラウンドで作られる中性子が引き起こすソフトエラー (SEU) により、データ取得を一時中断しなければならないことがある。SEU は、放射線が集積回路などに衝突すると、保持データが反転してしまう現象である。本研究では、SEU の発生傾向や場所分布などを調べ、ルミノシティをさらに上げる今後の運転に向けて改善点の検討を行うことを目的とした。ビーム電流やルミノシティと SEU の発生数に相関があることの確認ができた。

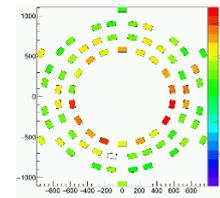


図 1. SEU の場所分布

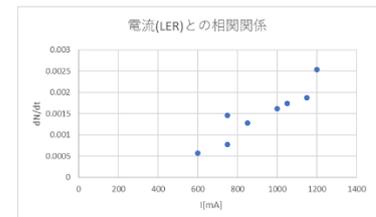


図 2. ビーム電流と SEU の相関

#### 5 $\alpha$ 崩壊で生じる結晶欠陥除去のためのアニーリング実験

<sup>14</sup> 福永 しおり

近年の暗黒物質探査において新たなる検出器の一つとして注目されているものが白雲母を検出器として扱う探査方法だが、いまだに白雲母を用いた暗黒物質探査は確立されていない。反跳核原子核のエネルギー損失の定量化が困難だったためであること、熱を加えることで飛跡にどのような影響を与えるかのアニール特性が解明されていなかったからである。本研究ではエネルギー損失の定量化の実験の前に、 $\alpha$  粒子反跳による結晶欠陥を取り除きつつ、温度と時間をパラメータに振った時の飛跡の残り方を見るために、アニール実験を行った。その結果、白雲母には、500°C、2 時間以上で、アニール限界を持つことが判明した。

#### 6 電子ニュートリノ検出のための低運動量電子の飛跡解析

谷田部 直人

NINJA 実験では、J-PARC の大強度加速器ニュートリノビームにおいて、原子核乾板を用いた検出器エマルジョンクラウドチェンバー (ECC) を用いることで実験を行っている。原子核乾板は、飛跡検出に対してダイナミックレンジが広く、低エネルギー領域における飛跡検出が可能である。この性能を生かし、ECC で低エネルギー領域の電子飛跡の検出ができれば、電子ニュートリノ由来の電子の検出が可能になる。本研究では、東北大学電子光理学研究センターでの陽電子ビーム照射実験に参加し、ECC を検出器として用いた低エネルギー領域の陽電子飛跡データの解析を行った。

#### 7 原子核乾板を用いた電子ニュートリノ検出のための電子飛跡の解析

中川 涼太

NINJA 実験では高い位置分解能を持つ原子核乾板を用いることで、大強度陽子加速施設 J-PARC において 1 GeV 付近のニュートリノ反応の測定に成功している。この実験では電子ニュートリノの検出は、まだ出来ていない。原子核乾板検出器で電子の検出ができれば、電子ニュートリノの検出が可能になる。本研究では東北大学電子光理学研究センターの電子円形加速器での電子ビーム測定実験に参加し、原子核乾板における低エネルギー領域の電子飛跡の解析を行った。

## 8 原子核乾板検出器エマルジョンクラウドチェンバーの製作とその性能評価

近藤 匠

SHiP(search for hidden particles) 実験は、タウニュートリノの電荷識別などを目的とした CERN で計画されている国際共同実験である。今回、この実験に用いられる検出器であるエマルジョンクラウドチェンバー(ECC) とコンパクトエマルジョンスペクトロメーター(CES) において原子核乾板を塗布製作し、組み合わせて宇宙線の照射・現像をして先行研究との再現性の確認及び効率の改善を目指した。また、ECC には、先行研究で使用された鉛に代えてタングステンを使用した。

## 9 コンパクトエマルジョンスペクトロメーターの性能評価と再現性

佐野 元哉

本研究室では、ニュートリノの正反及び、その反応生成粒子の運動量を反応直下で測定できる検出装置として、コンパクトエマルジョンスペクトロメーターの開発をしている。今回エマルジョンクラウドチェンバーのサンプリング材として鉛より密度が1.7 倍高い厚さ 1 mmのタングステン板を用い、原子核乾板の製作から始め、宇宙線照射実験を行った。長期運用を考えたとき、乾板の取り換えも予想されるため、誰が行っても同じ結果を得られる必要があることから、再現性の確認は重要である。今回、コンパクトエマルジョンスペクトロメーターの飛跡データの入射トラック数における垂直に近い角度成分の分布においてノイズが多く確認された。今後プレート間の飛跡の接続を行い、スペクトロメーターとしての性能評価及び先行研究との比較を行うことで、再現性を確認する。