

## 学位申請論文公聴会

申請者 梅本 篤宏 (F 研)

日時 2020 年 10 月 29 日 (木) 15:00 ~

場所 ES 館 635 (ES635)

題目 原子核乾板を用いた暗黒物質方向探索実験の高感度化の研究

### 主論文の要旨

暗黒物質はさまざまな宇宙観測のデータからその存在が示唆され、その性質として非相対論的な速度で銀河内を運動する重たい粒子(質量  $1 \text{ GeV}/c^2 - 10 \text{ TeV}/c^2$ ) が有力視されている。暗黒物質は素粒子標準模型を越えた新理論の粒子であると考えられており、暗黒物質の正体解明は宇宙論と素粒子物理学の両方でさらなる発展につながる。

天の川銀河に束縛された暗黒物質は地球上で検出可能であり、暗黒物質の質量およびバリオン物質との反応断面積は、弾性散乱によって反跳された原子核を捉えることで測定できる。現在稼働中の多くの実験は地球の公転による暗黒物質の相対速度の季節変化を利用し、それに伴う反跳原子核のエネルギースペクトルの変動を捉えることでその検出を狙っている。しかし期待される季節変化が小さいため、暗黒物質を検出したとする実験(DAMA 等)がある一方でその信号領域を排除した実験(XENON 等)があり明確な決着はついていない。

申請者は、暗黒物質により反跳されたサブミクロン長の原子核の飛跡を超微粒子原子核乾板(NIT: Nano Imaging Tracker)を用いて検出し、その反跳方向に太陽系の固有運動による偏りが見られることを利用する方向探索実験の可能性に注目し、その実現のための解析システムの構築と NIT の改良を行った。

まず反跳飛跡の方向を光学像から取得するため、画像をフーリエ変換し波数空間で処理する手法を考案し、従来手法で見えていたデジタイズによる特定方向へのデータの偏りを解消し、角度異方性を抑制した飛跡方向検出を可能にした。次に NIT の飛跡検出素子である AgBr(I)結晶と光学像の関係に着目し、結晶サイズを 40 nm から 70 nm に増大した NIT の開発により飛跡の光学輝度上昇と飛跡方向の認識効率向上を実現した。これらの開発により、暗黒物質の方向探索実験の中で最も低いエネルギー閾値を達成し、DAMA が主張する質量  $10 \text{ GeV}/c^2$  の暗黒物質に感度があることを示した。また光学シミュレーションと NIT の結晶配置を取り入れた飛跡生成シミュレーターを開発し、ナノスケールの検出器応答の評価を可能にした。

そして NIT を赤道儀に搭載して 30 日間の地上実験を行い、暗黒物質の質量と反応断面積に制限をつけた。また背景事象を理解するために環境  $\gamma$  線遮蔽を行った地上実験を行い、時間に比例して増加する背景事象が環境  $\gamma$  線、宇宙線ミュオンならびに NIT に含まれる放射線同位体による電子成分に起因することを示し、それぞれ成分毎に定量化することで背景事象除去に向けた今後の研究方針を示した。