

学位申請論文公聴会

日時：2011年1月19日(水) 10:00～

申請者：中 竜大 (F研)

場所：物理会議室(C207)

題目：暗黒物質の方向性検出に向けた高分解能原子核乾板技術の開発研究

(主論文の要旨)

宇宙全体におけるエネルギー成分の約 23%は暗黒物質で構成される。特に、天の川銀河においても、回転速度の観測は暗黒物質の存在を支持するものであり、高い flux で地球に降り注いでいることを意味する。このような暗黒物質は、地球における検出器内での原子核との反応を見ることで原理的に探索は可能である。世界のほとんどの実験が、地球の公転による対暗黒物質速度の変化によるシグナルの季節変動の観測を目指しているが、一方で、暗黒物質の到来方向を反跳原子核の飛跡として検出できれば、到来方向の期待される異方性からより積極的な暗黒物質の存在証拠が得られる。そのための新たな検出器として、固体飛跡検出器である原子核乾板を提案した。

本研究は、暗黒物質探索用として、従来の原子核乾板の分解能を超える 40nm の超微粒子原子核乳剤を用いた高分解能原子核乾板における研究開発を行った。特に、暗黒物質探索実験を開始するうえで本質的課題でもある $1\mu\text{m}$ も満たない反跳原子核の飛跡を、光学的に大量に読み出すという問題に対し、原子核乾板を化学処理とポリアクリルアミドを用いた引き伸ばし技術によって、少なくとも 150nm 程度以上の飛跡を光学的に検出可能な技術を開発し、大量飛跡読み出しの実用化のための飛跡認識画像処理開発によってサブミクロンの飛跡を選び出すことを可能にした。また、実用的暗黒物質検出のデモンストレーションである中性子実験によって、中性子によるサブミクロンの反跳原子核の識別と角度分布の測定に成功した。また、さらなる飛跡の詳細観察ツールとして、X線顕微鏡観察手法を開発し、光学顕微鏡とX線顕微鏡システム間で、100nm 以上の飛跡の的一对対応づけに成功し、X線顕微鏡が暗黒物質探索のための重要な解析ツールとなることを実証した。

さらに、原子核乾板の独自製造の必要性を提言し、研究室内に原子核乳剤製造ファシリティの建設を実行し、Fuji Film のOB技術者を巻き込んだ新たなシステムを立ち上げ、100nm 以上の飛跡検出が可能かつ低ノイズの従来型を超える高分解能原子核乾板を開発した。

暗黒物質の原子核反跳レベルの速度を持つ粒子における原子核乾板の検出メカニズム、とくに潜像形成メカニズムは、これまで全く知られていなかった。本研究において、特に低速粒子において特徴的なエネルギー損失である核阻止能に着目し、それによって、ハロゲン化銀結晶内部に結晶欠陥を及ぼし、通常の高速度の粒子では形成されない内部潜像核が形成されることを確認した。この発見は、今後の低バックグラウンドな現像処理手法の開発において、非常に重要な知見である。