

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 桂川 貴義

論 文 題 目 原子核乾板を用いた暗黒物質の方向探索実験に向けた
解析システムの開発と検出器開発への応用

論文審査担当者

主 査	名古屋大学 未来材料・システム研究所	教授	理学博士	中村光廣
委員	名古屋大学大学院理学研究科	教授	博士(理学)	清水裕彦
委員	名古屋大学大学院理学研究科	教授	博士(理学)	棚橋誠治
委員	名古屋大学 現象解析研究センター	准教授	博士(理学)	松本浩典

論文審査の結果の要旨

宇宙観測によりその存在が明らかになった宇宙の暗黒物質の正体の解明は、現代科学の重要課題の一つである。WIMP(Weakly Interacting Massive Particles)はその有力候補であり、その衝突が引き起こす反跳原子を捕らえる実験が世界各地で立案・遂行されている。その検出手法として、地球の公転により引き起こされる反跳事象数の季節変動を捉える季節変動法と、反跳原子の反跳方向の太陽系の固有運動に起因する偏りを検出する方向検出法がある。実験としては季節変動法によるものが先行しているが、 9σ で信号を捕らえたとする実験と、その領域を排除したとする実験が混在し、混沌とした状態にあり、これらとは系統誤差が異なる方向検出法による検証が待たれている状況にある。

申請者は、原子核乾板を用いた方向検出法に着目し、サブミクロンの飛跡長しかない反跳原子飛跡を効率よく検出する光学顕微鏡システムの開発を中心に研究を行った。先行研究により、サブミクロン長の反跳飛跡を、直径 40nm サイズの超微粒子の原子核乾板 (NIT: Nano Imaging Tracker) によって記録することが可能である事が示された。しかしながら、NIT に記録されたサブミクロン長の飛跡を効率的に読み出すためには、電子顕微鏡や X 線顕微鏡などの既存の高分解能装置では読み出し速度が遅く、実際の実験への適用は非現実的であった。申請者は、この問題を解決するため、光学限界に近い分解能を持ち、サブミクロン長の飛跡を高速に識別できる光学顕微鏡システム (PTS: Post Track Selector) を開発した。記録された飛跡の輝度値に着目して合焦位置を自動認識し飛跡画像を取得するアルゴリズム、取得画像を楕円フィッティングしてその楕円率から飛跡らしさを評価するアルゴリズムを開発し、サブミクロン長の飛跡の全自動読み出しと選別を可能にした。

申請者は、PTS による反跳原子の検出の原理確認を行うために、入射エネルギー 14.8 MeV の中性子を NIT に照射し、反跳原子を生成させ、それを PTS と X 線顕微鏡とで 1 対 1 に対応づけて比較することにより、PTS が 200nm 長程度の飛跡を高効率で検出できていること、測定した反跳原子の方向が確かに中性子の入射方向を反映することを示した。その精密化のために、イオン注入装置で 400keV の Kr イオンを NIT に照射し、X 線顕微鏡を併用した同様の手法で、その検出効率の飛跡長依存性を求め、飛程長 180nm 以上でほぼ 100%である事を示した。また 60~100keV の炭素イオンを NIT に照射し、暗黒物質探索実験における角度分解能を実測し、角度分解能が約 350mrad で、その主要な要因が多重散乱によることを確認し、方向検出法実現に十分な分解能を持つことを示した。

これらの開発研究は、初めて超微粒子原子核乾板の自動読み取りを実現し、検出効率・背景事象などの系統的・定量的評価を可能とすると共に、顕微鏡の広視野化と並列処理等の併用による 10kg 級の NIT の読み出しに目処をつけたものであり、高く評価できる。また参考論文は、申請者が評価に用いた X 線顕微鏡を併用する解析手法の研究論文など、原子核乾板をもちいた暗黒物質検出実験の実現に関わる論文であり、いずれも価値あるものである。よって、申請者は博士 (理学) の学位を授与されるにふさわしいと認められる。