

## 別紙 4

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

## 主 論 文 の 要 旨

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

氏 名 桂川 貴義

## 論 文 内 容 の 要 旨

宇宙観測による間接的証拠から、宇宙の暗黒物質の存在が明らかになっており、その正体の解明は現代科学の重要課題の一つとなっている。WIMPS (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反応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に太陽系の固有運動に起因する偏りが生じる事を検出する方向検出法がある。実験としては季節変動法が先行しているが、 $9\sigma$ で信号を捕らえたとする実験 (DAMA/LIBRA 実験) が存在する一方で、その領域を排除したとする実験も存在し混沌とした状態にある。そこで、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の将来性に着目し、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、X 線顕微鏡や電子顕微鏡などの既存の高分解能装置では読出し速度が遅く、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。この開発により、1 年間で約 100g の原子核乾板の読み出しを実現し、検出効率・背景事象などの定量的評価を可能とすると共に、並列処理等の併用により 10kg 級の原子核乾板の読み出しが実現できる事を示した。

また申請者は、入射エネルギー400keV のクリプトンイオンを NIT に照射し、X線顕微鏡を併用した解析手法により、銀粒子 2 粒子以上で構成される飛跡に対する PTS の読取能力を定量的に評価し、200nm 長以上の飛跡をほぼ 100%の認識効率で読み出せることを示した。また、様々なエネルギーの炭素イオンを NIT に照射し、暗黒物質探索実験における検出効率の反跳エネルギー依存性とその角度分解能を実測した。その結果、角度分解能は約 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。最後に、本研究で測定された検出効率を用いて原子核乾板における探索領域を計算し示した。これにより、10kg スケールの実験から DAMA 領域に対して検証ができることを示した。