

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 眞部 祐太

論 文 題 目 支持体に着目した超高精度原子核乾板の開発

論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院理学研究科	准教授 博士(理学)	森島邦博
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教授 博士(工学)	内橋貴之
委 員	名古屋大学素粒子宇宙起源研究所	准教授 博士(理学)	北口雅暁
委 員	名古屋大学宇宙地球環境研究所	准教授 博士(理学)	三宅英沙
委 員	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

論文審査の結果の要旨

別紙 1-2

原子核乾板は、サブミクロンサイズの臭化銀結晶を用いた高い三次元分解能を持つ放射線検出器である。これまで主に素粒子研究に用いられ、チャーム粒子やタウニュートリノの発見などの成果をあげてきた。近年は其中で発展した自動読み取り技術を用いて、宇宙線イメージングなどの応用研究への活用が進展している。しかし、実際の原子核乾板の解析においては、飛跡を記録する乳剤層中で原理的にサブミクロンの精度であるはずの位置精度が、それを固定する支持体（基板）の変形で低下する問題があった。また、飛跡の角度精度は支持体層の厚さに比例するため、より厚型の支持体を用いて角度精度を向上させたいという要求があった。

申請者は、原子核乾板の支持体として要請される光学的・化学的特性をもつ5種類の材料を選定し、それらを支持体とした原子核乾板を製作した。加速器のビームを用いて変形量と角度精度を評価した結果、プラスチックを支持体に用いた原子核乾板の変形量は、支持体の厚みにあまり依存せず、 $30 \times 40 \text{ mm}^2$ の範囲内で平均 $1.3 \text{ }\mu\text{m}$ 以上であったが、 $500 \text{ }\mu\text{m}$ 厚のガラスを用いたものでは平均 $0.3 \text{ }\mu\text{m}$ と、読み取り装置の精度と同程度の高い精度であることを確認した。また $500 \text{ }\mu\text{m}$ 厚の支持体の乾板では、現行の $180 \text{ }\mu\text{m}$ 厚の支持体の乾板に比べて、角度精度が厚みに比例して向上していることを確認した。さらに、支持体の屈折率に依存した検出角度の系統誤差が生じることを見だし、その補正手法を提案した。この系統誤差の補正をピラミッドの透視に適用し、より正確な空洞位置を把握した。

これらの評価の結果、位置精度に優れたガラスと量産性に優れたシクロオレフィンポリマー(COP) (いずれも $500 \text{ }\mu\text{m}$ 厚) を新しい支持体として選択した。それらを用いた原子核乾板の量産方法を開発し、年間数百 m^2 の乾板を必要とする宇宙線イメージング実験においてポリスチレン支持体乾板から COP 支持体乾板への完全移行を達成した。また荷電粒子の運動量測定にガラス支持体乾板を応用することを考え、その手法を開発した。まず磁場を用いた手法を検討し、 $1 \sim 10 \text{ GeV}/c$ の荷電粒子の運動量を $25 \sim 35\%$ の誤差で測定できることを加速器ビームを用いて実証した。つぎに多重電磁散乱を用いた運動量測定では、Emulsion Cloud Chamber 型の検出器を用いて、名古屋における宇宙線スペクトルを測定し、角度測定法で $14 \text{ GeV}/c$ 、飛跡の相対位置を複数の飛跡を用いて測定する相対散乱法で $76 \text{ GeV}/c$ まで測定できることを実証した。相対散乱法の実現に当たっては、従来は3本の組み合わせで求めていた個々の飛跡の散乱量を、より多くの飛跡の組み合わせで情報量をあげて測定することで測定精度を大幅に改善する新手法を考案した。この手法では、飛跡の組み合わせ本数を増やすために解析面積を広げる必要があるが、変形がほとんど無視できるガラス支持体乾板を用いる事により解析面積内での歪みを読み取り精度以下に抑える事ができた。宇宙線スペクトルの測定結果は、名古屋と同緯度において測定された $1 \sim 20 \text{ GeV}/c$ 範囲のスペクトルの傾きと良い一致を示した。この検出器はコンパクトかつ電源不要であるため、任意の場所で、任意の方向の宇宙線スペクトルを測定できるという特性を持つことから、今後の宇宙線イメージングの研究において重要な役割を果たすと考えられる。

申請者は、超高精度な原子核乾板の開発に成功し、原子核乾板が持つ高い三次元分解能を乾板全面にわたって発揮することを可能とした。その成果は、宇宙線イメージングへの応用のみならず、素粒子実験など基礎研究にも波及するもので高く評価される。また、参考論文は、開発した手法が用いられている点において重要なものである。以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。