

学位申請論文公開講演会

日時： 2022年2月2日(水) 13:00～

申請者： 眞部 祐太 (F研)

場所： C5 講義室 (コロナ感染拡大で急遽オンラインに切り替わる可能性があります。公聴会への参加を希望される方は主査に事前にご連絡ください。)

問い合わせ先： 森島邦博 morishima@flab.phys.nagoya-u.ac.jp

題目： 支持体に着目した超高精度原子核乾板の開発

主論文の要旨

原子核乾板は、サブミクロンサイズの臭化銀結晶を検出素子とする高い3次元位置分解能を持つ放射線検出器である。チャーム粒子やタウニュートリノの発見などの素粒子研究に貢献し、その中で発展した自動飛跡読取り技術により、現在全面読取り・大統計解析を前提とした宇宙線イメージングなどの応用分野への活用が進んでいる。

原子核乾板の全面解析において、飛跡の位置の基準となる支持体層が変形することで、原理的に持つ高い位置分解能が低下する。また、飛跡再構成の原理から、より厚型の支持体を用いることで角度精度を向上させられるが、現在の主流である180 μm 厚のポリスチレン (PS) 支持体は厚型の製品が入り手困難なことから、角度精度の向上に余地を残していた。

申請者は、少変形・厚型の支持体候補を探索し、新型原子核乾板の製造方法を開発した。次に、開発した乾板の解析範囲 $30\times 40\text{ mm}^2$ 内で生じる変形を評価した。その結果、500 μm 厚のプラスチック支持体を用いた原子核乾板の変形量は平均1.3 μm 以上である一方で、500 μm 厚のガラス支持体を用いた原子核乾板の変形量は平均0.3 μm と、読み取り装置の位置精度と一致した。また、垂直な飛跡に対する角度精度は500 μm 厚の支持体乾板では約0.5mradと、現行のPS支持体乾板の1/3を達成した。さらに、支持体の屈折率による検出角度の系統誤差を補正する手法を開発した。

これらの評価の結果、少変形である500 μm 厚のガラス支持体を用いることで、原子核乾板が原理的に持つ分解能を発揮させる事ができることが分かった。また生産性に優れる500 μm 厚のシクロオレフィンポリマー(COP)支持体を用いる事で、角度精度を向上させた大面積観測が可能となる事を明らかにした。これらの新型乾板について、大量生産体制を構築して内製化を実現し、年間数百 m^2 の生産量を要する宇宙線イメージング実験において、PS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、支持体の屈折率に由来する検出角度の系統誤差の補正は宇宙線イメージングにおいて必須の技術であり、現在の原子核乾板解析の基礎となっている。

ガラス支持体乾板の応用先として、磁場による荷電粒子の位置ずれを用いた運動量測定が挙げられる。より微小な位置ずれを測定し、より高い運動量まで測定することが可能となる。運動量測定能力をビーム実験で評価した結果、500 μm 厚のガラス支持体乾板を用いた場合、1~10 GeV/cの運動量を誤差25~35%で測定可能であることを実証した。その他の応用先として、多重電磁散乱を用いた運動量測定が挙げられる。申請者は、複数の飛跡の相対位置を求め、散乱による位置の変化の測定精度を改善する手法を提案した。この手法において、ガラス支持体乾板の利用により、解析面積を広げた際の位置精度低下が抑えられることが期待される。申請者はCOP支持体乾板とガラス支持体乾板を用いて宇宙線の運動量測定を行い、数十 GeV/cまでの運動量の測定可能性を示した。

この様に、支持体に着目して開発した角度・位置精度向上型の原子核乾板は、自動読み取りによる全面解析において、原子核乾板が本来持つ高い3次元分解能を発揮可能とする。また、この結果は宇宙線イメージングなどの応用技術のみならず、原子核乾板を用いた素粒子実験など基礎研究にも波及するものである。