

要 旨

原子核乾板は素粒子実験に用いられる、放射線検出用に特別に作られた写真乾板である。高速で走る粒子ほど単位長さあたりに失うエネルギーは小さく、飛跡を構成する銀粒子も少なく濃さも薄い飛跡(最小電離粒子)となる。近年の素粒子物理学の実験において、莫大な量の原子核乾板を解析する必要があるため、すべての原子核乾板を通常の顕微鏡を用いて人が全て解析することはほぼ不可能である。そのため解析速度を向上させるために、通常の顕微鏡を改良した装置(手動飛跡読取装置)の開発が行われてきた。更に飛跡読取装置の開発が進んでいくと、原子核乾板より自動的に粒子の飛跡を読取ることの出来る装置(自動飛跡読取装置)の開発が行われる用になった。近年、基礎物理学教室において、OPERA 実験の解析が行われている。

OPERA 実験はタウ粒子の生成を直接検出することでニュートリノ振動を確認する。タウニュートリノ反応に似た反応としてハドロン衝突反応やチャーム粒子崩壊事象があり、これがバックグラウンドとなりうる。このバックグラウンドは、モンテカルロシミュレーションによると運動量が $4\text{GeV}/c$ のハドロン衝突反応において、二次粒子が $\tan \theta > 1.0$ の角度を持つことが 1 割ほどあり、チャーム粒子崩壊事象に至っては 3 割以上が大角度の飛跡を放出することが予想されている。また核破砕粒子についてもその粒子が等方的な角度分布をすると考えられているので、核破砕粒子を解析するには大角度に対応する飛跡読取装置が必要となる。ハドロン衝突反応においては核破砕粒子を伴うが、タウニュートリノの崩壊においては核破砕粒子が伴わない。ゆえに核破砕粒子の有無によってもこのバックグラウンドとの識別が可能になるのである。

しかし現在稼働している自動飛跡読取装置の解析可能な角度範囲は最小電離粒子についてはもちろん、核破砕粒子のような濃く映る飛跡に対しても解析可能な範囲は $\tan \theta < 1.0$ までであり、それ以上の角度をもつハドロン衝突反応や、核破砕粒子については十分な研究がなされていなかった。したがって核破砕粒子のような濃い飛跡はもちろん、最小電離粒子のような薄い飛跡においても解析できるような自動飛跡読取装置の開発を行った。自動飛跡読取装置のアルゴリズム上、解析可能な角度範囲は顕微鏡で得られる取得画像の視野の大きさに依存する。そのため本研究では解像度が落ちずかつ従来の約 6 倍ほどの大視野の画像が取得できるカメラ等最新鋭のハードウェアを用いて、新たな自動飛跡読取装置開発を行った。今回開発した自動飛跡読取装置では、解析可能な角度範囲を従来の $\tan \theta < 1.0$ から $\tan \theta < 4.0$ まで拡張した。評価に用いた乾板は 2012 年 8 月に大角度のビームを OPERA 用の原子核乾板に $6\text{GeV}/c$ の π^- ビームを照射を照射したものをを用いた。その結果、 $\tan \theta < 4.0$ までの最少電離粒子の飛跡についても、 $\tan \theta < 1.0$ の飛跡並みの検出率を得ることができた。大角度に対しても高い検出効率を得ることができたのは、乳剤層の中を通ってくる距離が長い為、パルスハイトが高くなっているためと考えられる。よって今回開発した自動飛跡読取装置によって原子核乾板における新たな領域 ($\tan \theta < 4.0$ の飛跡) の物理解析が十分に可能だと言える。現在はまだ自動飛跡読取装置として、解析速度が十分ではない速度である上、今後様々な原子核乾板の実験において、解析数が更に増えていくと予想されるので、より高い検出効率目指し、かつスキヤニング速度向上についても調整を行っていく事が今後の課題である。