

# OPERA 実験のためのプレートチェンジャーの製作とニュートリノ反応の解析

基礎物理学教室

6407014 松尾友和

2009年1月23日

1998年にスーパーカミオカンデでニュートリノ振動と思われる現象が発見されて以来、世界中で様々なタイプのニュートリノ振動実験が行われ、生成したニュートリノフラックスが減少する『消滅モード』ではその振動する様子まで確認されてきた。しかし、振動によって別種ニュートリノが現れる『出現モード』は検出が困難なため、世界のどの実験も未だ検証に成功していない。日欧国際共同長基線ニュートリノ振動実験 OPERA は、この『出現モード』によりニュートリノ振動を検証することを目指す実験である。

OPERA 実験は、欧州合同原子核研究機関 (CERN、スイス) のスーパー陽子シンクロトロン加速器 (SPS) で作られたミュニュートリノを、730km 離れたイタリアのグランサッソ研究所に打ち込み、ニュートリノ振動により現れたタウニュートリノが起こす荷電カレント反応を原子核乾板中で検出する実験である。この荷電カレント反応の証拠であるタウ粒子は寿命が短く、その殆どが飛距離数百 $\mu\text{m}$  以下で崩壊するため、巨大な検出器から反応点を直接特定することは困難である。OPERA 実験では、二次粒子 (反応から放出された粒子) の飛跡を下流側から逆追跡する方法を使って、ニュートリノ反応が起きた事検出する大型シンチレーター検出器から、インターフェース乾板 (CS) を経て標的兼反応点検出器 (ECC、鉛板 56 枚と原子核乾板 57 枚を交互に積層したもの) 内の反応点へと絞り込んで行く。この実験では照射期間中もビームを停止せずに ECC を取り出し解析を行う“準オンライン解析”を行っており、5 年間で約 20000 反応、一週間あたりでは約 100 反応以上を、年間を通じて連続して解析することとなる。これを達成するためには  $12.5\text{cm} \times 10.0\text{cm}$  の原子核乾板 (プレート) を顕微鏡の載物台 (ステージ) 上で交換し、飛跡を視野中央 ( $\pm 10\mu\text{m}$ ) に移動、飛跡を認識し、次の乾板 (プレート) へと追跡するといった動作を 80 秒以内に行うための技術が必要不可欠である。そのために開発された装置がプレートチェンジャーである。

しかし、その処理能力はまだ十分ではないため、筆者はプレートチェンジャー 2 号機を製作してその能力を補うと共に、いくつかの改良を加えた。プレートチェンジャーでは、乾板を連続シート化して顕微鏡ステージ上に送り込む。そして、そのシートをポンプで吸引し、ステージに密着固定する。このときの (1) 吸引速度や漏洩量の諸条件を再評価し、(2) 高速固定を可能にするためのすりガラスの条件等を確定した。さらに、(3) 座標の基準となる X 線マークの位置を読み取るための専用カメラを、移動ステージ上に斜めに固定する方法から台座側に垂直に固定する方法に変更して、カメラの振動や像の歪みを抑えた。これらの改良により、注目した飛

跡が次の乾板でも精度良く視野中央に入るよう、ステージを移動させることが可能になった。また、乾板の上下両面を測定するための対物レンズ補正環の平行度を調整可能にし、顕微鏡像をクリアにする改善も行った。

製作したプレートチェンジャー 2 号機の性能を確認、調整した後、2008 年本格的なデータ収集が始まった OPERA 実験のニュートリノ反応探索に本機を投入した。その結果、粒子飛跡逆追跡（スキャンバック）による反応処理速度を 1 日あたり 10 反応へと、以前の倍以上に向上させることができた。これにより、CS から直接反応点にジャンプする方法と併せ、『出現モード』でニュートリノ振動を検証する OPERA 実験の解析スキームを現実のものとする事が可能となった。現在、開発したプレートチェンジャーを用いて 36 イベントを解析し、29 イベントのニュートリノ反応点を検出している。うち 17 イベントについては反応によって生じた複数の二次粒子の確認に成功した。