

学位申請論文公開講演会

日時：2023年2月1日(水) 10:00~

申請者：鈴木 陽介 (F 研)

場所：B4 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。

題目：Sub-GeV 領域における水-ニュートリノ荷電カレント反応の精密測定

主論文の要旨

ニュートリノは、電荷をもたずまた弱い相互作用しか起こさないため、最近になってようやくその性質の解明が進んできた素粒子である。ニュートリノが起こす標準理論を越えた物理現象の一つにニュートリノ振動現象がある。その精密測定は、物質優勢宇宙の起源を明らかにする手掛かりである CP 対称性の破れや、未知の対称性の探索に直結するものである。

ニュートリノ振動の精密測定には、統計誤差ならびに系統誤差の削減が不可欠である。統計誤差の削減のために大質量の検出器を用いた実験 (T2HK, DUNE, ESS ν SB) が計画されている。一方、系統誤差削減のためには、ニュートリノ反応そのものの正確な把握が必要であり、反応から放出される低運動量のハドロンや大角度に放出される陽子の測定など、反応の詳細研究が必要である。

NINJA 実験はサブミクロンという高い空間分解能を持つ原子核乾板を用いた、ニュートリノ反応の精密測定を目的とした実験である。申請者は、面積 93m² の原子核乾板と、重量 74kg の水標的からなるニュートリノ-水反応検出器を作成し実験を行った。

照射に用いた検出器は、厚さ 500 μ m の鉄板を 2 枚の原子核乾板で挟み真空パックした飛跡検出層と厚さ 2.3mm の水の層を交互に積層した構造をもっており、反応点から放出される陽子に対して運動量 200MeV/c、荷電パイオンで運動量 50MeV/c という低い運動量閾値を持つ。原子核乾板は原理的に 4π の角度アクセプタンスを持つが、飛跡読取の仕方によって再構成される飛跡の角度アクセプタンスが制限されていた。申請者は、新たな飛跡読取アルゴリズムならびにシステムの開発を行い、先行実験の $|\tan \theta| < 1.5$ (立体角 45%) に対して、 $|\tan \theta| < 5.0$ (立体角 80%) の飛跡読取を可能とした。また読み取り処理速度も約 250 日で全原子核乾板の飛跡読取処理を完了できるものとした。

読み取られた飛跡の角度精度は従来の方法に比べ $|\tan \theta| < 2.0$ の領域で約 4 倍向上し、飛跡再構成の処理時間の短縮および S/N 比の向上も達成した。原子核乾板間の飛跡の接続にはグラフ理論に基づく新しい飛跡選別法を導入した。これにより、従来の手法では重複組み合わせにより発散していた電磁シャワーなどに対しても発散せず信頼性の高い飛跡再構成が可能となった。また反応点から出ている低エネルギーの陽子飛跡を検出し、背景事象から選別するための手法開発を行った。

これら開発した手法を、実際の詳細解析に応用し、全体の 9 分の 1 に相当する標的中に、82 事象のニュートリノ-水反応を検出した。また、大角度に放出されたニュートリノ反応由来の二次粒子を検出できることを確認し、今後全統計での解析を行う際に必要な課題を明確にした。

これらの申請者の開発研究により、陽子に対して 200MeV/c の低運動量閾値および $|\tan \theta| < 4.0$ の角度アクセプタンスでのニュートリノ反応精密測定が可能となった。本実験において期待されるニュートリノ-水反応の検出数は約 1000 事象であり、ニュートリノ-水反応の精密な反応モデル構築のための基礎データを得ることができると期待される。NINJA 実験の測定データは、今後行われる水標的を用いた全ての長基線ニュートリノ振動実験において、ニュートリノ反応由来の系統誤差の削減に貢献することが期待される。