

学位申請論文公開講演会

日 程：2010年1月25日(月) 10:00～

申請者：福田 努 (F 研)

場 所：物理小会議室 (B-402)

題 目： ν_τ 直接検出による $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ ニュートリノ振動の研究

(主論文の要旨)

名古屋大学の坂田昌一らの提唱した世代間混合ニュートリノ振動現象はニュートリノに質量が存在するという素粒子標準理論を越える枠組みを示唆した。その後に行われた観測・実験では振動現象モデルと矛盾のない結果が得られている。しかし、これまでのいずれの実験も特定フレーバーのニュートリノの消失・減少パターンを観測したのみであり、ニュートリノ振動した先の別フレーバーのニュートリノを観測した事例はない。そのため、ニュートリノ振動の直接検出は現代の素粒子物理学の最重要課題の一つとなっている。

我々が推進している OPERA 実験は、ミューニュートリノからニュートリノ振動して出現するタウニュートリノの反応を原子核乾板検出器で直接捉える手法でニュートリノ質量の最終確認を行う極めてユニークな実験である。原子核乾板検出器は世界で唯一タウニュートリノ反応を捉えることに成功した実績を持ち、OPERA 実験では原子核乾板と鉛からなる約 8kg の検出器を計 15 万個、総重量 1.25kton の標的を用いる。実験装置はイタリアのグランサッソ国立研究所(LNGS)に設置し、CERN の SPS を用いて作った平均 17GeV の非常に純粋なミューニュートリノビームが照射される。実験は 2006 年、2007 年のニュートリノビームコミッショニングを経て、2008 年度から本格的な物理 RUN を開始した。2009 年 12 月までに 5.30×10^{19} POT のニュートリノが照射され、既に約 4,000 反応を検出器中に蓄積している。

タウニュートリノ反応の検出には原子核乾板に記録されたニュートリノ反応を顕微鏡の視野の中に捉えることが不可欠である。原子核乾板を用いたニュートリノ実験の解析では反応点探索が最も時間のかかる困難な仕事である。従来、原子核乾板検出器とエレクトロニック検出器を組み合わせ、エレクトロニック検出器によって反応点探索範囲を限定する手法がとられてきた。このハイブリッド実験を成立させる上でキーテクノロジーとなるのが Changeable Sheet (以下 CS) と呼ばれる原子核乾板検出器である。CS はエレクトロニック検出器が捉えたニュートリノ反応の信号を標的原子核乾板検出器に接続するインターフェースの役割を担う。

これまでの実験のエレクトロニック検出器は精度が高く、ニュートリノ反応から生成した荷電粒子の再構成、検出を行うことが可能であった。従って、CS 上での飛跡探索では非常に限定した位置、角度領域を探索すればよく、高い飛跡検出効率を設定しても解析上 Background (以下 BG) は問題にならなかった。しかし、OPERA 実験の場合はスーパーカミオカンデが示唆した混合角、 Δm^2 の領域をカバーするために検出器が大規模になり、エレクトロニック検出器の分解能を 50 倍程度粗くせざるをえなかった。その結果、CS 上での飛跡探索範囲が過去の実験と比較しておよそ 10^7 倍となり、これまでは問題のなかった CS 上の低エネルギー電子やランダムノイズの Chance coincidence が膨大な BG となった。このような状況の中で従来の CS の解析手法では、十分な飛跡検出効率を維持したまま BG を除去することができなかった。

申請者はこの問題を解決すべく CS 検出器の解析において『飛跡の信頼度』という新たなパラメータを導入し、さらに人間による肉眼観察によって、検出器中の BG を除去する解析手法を考案した。このときの飛跡検出効率は 77% であり、これは OPERA 実験にとって十分な性能である。また OPERA 実験本番にて自らが開発した手法に基づき、大学院生を指揮して CS の大量処理を軌道に乗せた。以上の申請者の研究成果によって OPERA 実験のニュートリノ反応点探索が成立し、現在、物理解析が進行中である。本講演では CS 検出器解析手法の詳細、ニュートリノ反応を捉える工程の開発と、2008 年度 RUN で得た約 800 反応のニュートリノ反応事象検出の分析結果について論ずる。