

# ニュートリノ振動実験におけるタウ粒子崩壊の探索及び候補事象の解析

基礎物理学教室

6411004 梶原 崇史

## 論文要旨

長基線ニュートリノ振動実験 OPERA (Oscillation Project with Emulsion tRaking Apparatus) は、ミューニュートリノからタウニュートリノへのニュートリノ振動を世界で初めて出現型により検証することを目的としている。スイスとフランスの国境にある CERN (欧州原子核研究機構) の CNGS (CERN Neutrino to Gran Sasso) beam line から平均 17GeV のミューニュートリノビームを 730km 離れたイタリアの Gran Sasso 地下研究所内に建設した OPERA 検出器に照射して、ニュートリノ振動の結果現れたタウニュートリノの生成粒子であるタウ粒子の直接検出を目指す。タウ粒子は短寿命 ( $\tau = 87\mu\text{s}$ ) で崩壊するという特徴があることから検出器には、サブミクロンという高分解能な飛跡検出器である原子核乾板が最適であり、本実験では、世界で初めてタウニュートリノ反応の直接検出に成功したという実績がある ECC (原子核乾板 57 枚、1mm の鉛板 56 枚を交互に積層したもの) を使用しており、タウ粒子が崩壊時に見せる幾何学的な形状 (折れ曲がり) を記録するのに適した構造をしている。

OPERA 実験は、2012 年でビーム照射期間の最終年度を向かえており、2012 年までに 17427 事象のニュートリノ反応が観測されており、タウ粒子の崩壊探索が行われてきた。その成果として、2010 年と 2012 年に、いずれもハドロンモードのタウニュートリノ反応候補が 2 事象検出された。本研究室においても 2009 年からニュートリノ反応事象の解析を行っており、私は学部 4 年次にあたる 2010 年度から携わっている。主な解析内容は、オンライン上で検出されたニュートリノ反応の生成粒子を目視にて確認することである。原子核乾板に記録された飛跡を検出する自動飛跡認識装置は、飛跡の読み取り効率が平均 80% で、飛跡の読み違いや取りこぼしが起こる。また、実験に用いている原子核乾板には ECC を再構成するために照射した宇宙線に加えて、コンプトン電子やアルファ粒子のようなニュートリノ反応と無関係の飛跡が大量に含まれている。従って検出された飛跡には宇宙線や偽物の飛跡が含まれる可能性があり、目視確認によりこれらを取り除く必要がある。宇宙線は ECC を貫いて入射しているので検出された飛跡が上流に突き抜けていないか確認することで判別を行う。そして、目視確認の際には飛跡の位置情報を再測定することを行う。これは、より正確な飛跡の角度情報を得るためであり、タウ粒子の崩壊を精度よく識別するためには必要である。最終的に得られた飛跡の位置情報、角度情報からタウ粒子の崩壊の可能性の有無を判断する。翌年の 2011 年からは従来の解析に加えてオンライン上でのニュートリノ反応の生成粒子探索を始めている。2009 年から現在までに 147 事象 (CC (チャージカレント) 110 事象、NC (ニュートラルカレント) 37 事象) のニュートリノ反応解析に着手しており、そのうち 110 事象の解析が終了して、チャーム粒子の崩壊 5 事象の観測に成功した。チャーム粒子の検出は、タウ粒子同様に短寿命である粒子を検出する能力を我々が有していることを示唆しており、それは我々がタウ粒子を識別できることを意味する。

また、2010 年に観測されたタウニュートリノ反応事象について、バックグラウンドと成り得る同様に短寿命なチャーム粒子の崩壊事象の可能性を排除すべく、OPERA 実験では考慮していない大角度 ( $|\tan\theta| < 3.0$ ) の最小電離粒子 (MIP) の探索を本研究室で独自に開発した大角度飛跡検出器を用いて行い、1st タウ崩壊事象の有意度について調べた。