

要 旨

長基線ニュートリノ振動実験 OPERA は、 $\nu_\mu$  から  $\nu_\tau$  へのニュートリノ振動現象の直接的な証拠を得るため、 $\nu_\tau$  の相互作用で生じる  $\tau$  粒子を sub-micron の位置分解能を有する原子核乾板によって検出する実験である。ニュートリノはレプトンの一種であり、その種類 (フレーバー) が飛行中に別の種類へ変化してしまうニュートリノ振動は、Super Kamiokande 以降世界中の様々な実験により強力に支持されてきたが、それは全て  $\nu_\mu$  が減少したことを示す Disappearance 実験であった。一方、現在国際共同で行われている長基線ニュートリノ振動実験 OPERA は、 $\nu_\tau$  の出現を  $\tau$  粒子を直接検出することによりニュートリノ振動を証明する Appearance 実験である。このように OPERA 実験は振動した先を直接捉える現在世界で唯一の実験であり、写真フィルムと同じ原理で位置分解能  $1\mu\text{m}$  以下の精度をもつ原子核乾板を用いている点においてもユニークな実験である。

現在 OPERA 実験はビーム照射期間の2年目が終了したが、照射中でも乾板中の反応解析を行う準オンライン解析を採用しているため、乾板の解析作業がヨーロッパと日本で連続的に行われており、2008年と2009年のデータ収集から約2個の $\tau$ 粒子を検出する予定である。解析作業には様々な過程を要するが、本研究室では乾板中から $\tau$ 粒子崩壊を検出するため、各イベントの現象を確定させる最終段階 (Decay Search) を担当することになった。

タウニュートリノ反応はニュートリノと検出器を構成する原子核が極稀に起こす反応を、そこから生じる $\tau$ 粒子を精密に測定、同定することによって識別する。原子核乾板の Scan は通常 S-UTS と呼ばれる自動飛跡認識装置によって行われるが、最終的な決定は肉眼で視認することが必要となる。

OPERA 実験で使用される標的兼検出器は、OPERA film と鉛板 1mm を交互に 56 枚積層した ECC を 1 単位として使用している。 $\tau$  粒子は数百  $\mu\text{m}$  走った後、 $\mu$ 、 $e$ 、ハドロンへ崩壊するが、この時幾何学的な折れ曲がり (kink) を示す。この kink をニュートリノ反応点からの最近接距離 (IP) の算出や、直接 kink 角度を測定することによって、 $\tau$  崩壊候補か否かを判定する。以上の解析は粒子の多重電磁散乱や乾板の歪みによるノイズを考慮して行われ、それを超えて有意な値を示した崩壊候補を興味あるものと分類し、運動量測定などのより精密な測定・解析へと移行する。

このような判定を行う Decay Search に必要な測定装置の立ち上げから改良、解析方法の検証・確立を行いながら、実際に測定・解析を行った。また、S-UTS によって Scan されたデータから直接  $\tau$  崩壊候補となるような幾何学的形状を示している飛跡を探すプログラム (Toho Selection) を作成し、実際に選び出された崩壊候補付反応を顕微鏡下で確認し、飛跡位置と角度の測定を行った。その結果、既に解析済みであった Charm 崩壊 ( $\tau$  崩壊に似た幾何学的形状を示す) 1 例と、有意に IP が大きいと思われる飛跡を含むニュートリノ反応を 1 例検出することに成功した。これは前述のプログラムによる選別とその後の確認、測定作業で  $\tau$  崩壊探索が可能であることを示す。後者の反応については、その詳細を知るために反応から放出された全飛跡を下流まで追跡し、多重電離散乱から各飛跡の運動量を算出し、反応の全体像を再構成している。

東濃スキャンニングステーションにてニュートリノ反応点が標的内に確定された反応のうち、現在までに約 5% の最終段階の確認と測定作業を完了した。今後は更なる改善により測定の効率化、そしてタウニュートリノ反応の検出を目指していく。