

学位申請論文公開講演会

日 時：1月31日(月) 14:00～開始

申請者：中村 琢

場 所：物理会議室 (C-422)

題 目：大規模実験用高性能原子核乾板 OPERA Film の開発

(主論文の要旨)

OPERA 実験は、 $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$ 振動現象を ν_{τ} の Appearance で捉えることにより、ニュートリノの質量問題に最終決着をつけることを目的としたニュートリノ振動実験である。

検出器の根幹をなすものは、原子核乾板と鉛からなる総重量 1700t の Emulsion Cloud Chamber (ECC) である。原子核乾板は、 $0.1\mu\text{m}$ の超高空間解像度を持つ飛跡検出器であり、 ν_{τ} の Charged Current (CC) 反応で出現する、わずが 1mm に満たない飛跡しか残さない τ レプトンを検出できる唯一の検出器である。

1998 年、われわれ名古屋大学のグループは DONUT 実験において、独自に開発してきた「自動飛跡読み取り装置」を ECC 検出器の解析に適用して、 ν_{τ} の直接検出に世界で初めて成功し、原子核乾板が ν_{τ} を検出できることを証明してみせた。

OPERA 実験で必要とされる原子核乾板は、総面積で 15 万 m^2 、 $10 \times 12.5\text{cm}^2$ サイズのエマルジョンフィルムプレートで 1200 万枚に及び、過去に例のない大規模なものとなっている。DONUT や過去の実験で使用した原子核乾板は、人間が乳剤を手で塗布し、1枚1枚製造していたが、このような手作業による OPERA が必要とする量の製造は不可能であり、商業用写真フィルムの製造ラインを用いた原子核乾板製造が不可欠と考えられた。

このため、富士写真フィルムとの共同研究を立ち上げ、過去 40 年以上なされてこなかった原子核乾板の、乳剤自体の開発を含めた製造技術の改革に取り組むこととなった。本研究は、OPERA 実験用原子核乾板 (OPERA Film) の開発とその応用に関するものである。

機械塗布に必要であった乳剤の希釈による感度の低下を、最新の乳剤製造技術を導入することにより解決し、商業用写真フィルムの製造機械による原子核乳剤塗布を初めて可能とした。この機械塗布により極めて厚みの均一な原子核乾板を大量生産できるようになった。

また最新技術の導入により、過去の原子核乳剤とは決定的に違う「Refresh 機能」の付加にも成功した。Refresh 機能とは、乳剤塗布直後から記録しつづける宇宙線や放射線の飛跡を、意図的に消し去る機能のことで、写真乳剤の持つ「潜像退行性」を制御しながら積極利用することで、実験前の邪魔な飛跡を消去することができるというものである。Refresh 機能により、製造中にランダムに蓄積される宇宙線などの、解析のバックグラウンドとなる飛跡を使用前に消去することが可能となり、極めて低バックグラウンドな実験が実現できるようになった。この機能は特に ECC 中で電磁カスケードシャワーを検出したり、電磁シャワーのエネルギーを精密に測定することに寄与し、電磁成分を終状態に含む τ レプトンの崩壊の解析などに威力を発揮すると期待される。

開発した OPERA Film の Refresh 性能は、Film を温度 30℃、湿度 98% の環境に 3 日間置くことで、最小電離粒子に対して消去率 98% 以上であり、Refresh 後の感度は Refresh 前と同等で劣化はしないというものである。

Film 本体の開発と並行して、1200 万枚の OPERA Film の Refresh を 1 年程度で完了するための Chamber の開発を行なった。この Refresh Chamber は、1 回のプロセスで 8000 枚の OPERA Film を Refresh できる容量を持つ。この Refresh Chamber を 26 台組み上げ、1 日 5 万枚の処理を長期間安定してできるような Refresh Facility をデザインし、東濃鉱山の地下トンネル内に建設した。2004 年から Facility を稼働させ、現在 OPERA の本番 Film の Refresh を軌道に乗せ、大量処理を遂行中である。