

# 学位申請論文公開講演会

日時：2013年7月16日（火）13:00~

申請者：北川 暢子（F研）

場所：物理会議室（C207）

題目：ニュートリノ振動実験 OPERA における  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$  振動解析

## 主論文の要旨

標準理論におけるニュートリノは質量を持たない基本粒子とされているが、坂田昌一らによるニュートリノの世代混合の概念では質量を持つ粒子とされ、標準理論の拡張の必要性を予言していた。 $\nu_\mu(\bar{\nu}_\mu) \rightarrow \nu_e(\bar{\nu}_e)$  のニュートリノ振動については、1995年に LSND が  $\Delta m^2 \sim 0.1 - 100(\text{eV}^2)$  の領域で振動を観測したと報告したことから始まる。しかし、この結果に関しては、KARMEN 等は部分的に否定し MiniBooNE は肯定するといった膠着状態のままである。現在標準とされる3フレーバーの枠組みにおいては、2012年に T2K が  $\Delta m_{31}^2 \approx \Delta m_{23}^2 = 2.4 \times 10^{-3}(\text{eV}^2)$ ,  $\theta_{23} = \pi/4$  を仮定した場合における振動の証拠を得たという報告をした。

OPERA は  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$  の振動によって出現する  $\nu_\tau$  を直接検出し、ニュートリノ振動現象を検証する実験である。サブミクロンの位置分解能をもつ原子核乾板 57 枚と鉛板 56 枚を積層した検出器 (ECC) を標的として、短寿命の  $\tau$  粒子を捕らえる。総重量は 1.25kton で、2008年から本格的なニュートリノ照射を始め、2013年3月末までに 5844 事象の反応点を ECC 中で検出し、3 事象の  $\nu_\tau$  反応を同定した。

ECC は  $\nu_e$  反応を極めて低いバックグラウンド下で検出可能な検出器でもある。ECC は 1 個 10 放射長分の質量を持ち、かつ鉛板一枚は 1mm 厚 (0.18 放射長) と細かなセグメンテーションである。このため、電磁シャワーの発達から終息までの 3次元再構成が出来、電子と荷電ハドロンとの識別が可能である。更に、シャワーの発生点の飛跡を確認することで、電子と  $\gamma$  線起因の電子対とを明確に識別出来る。

ニュートリノ反応点付近のデータは限られた領域のため、 $\nu_e$  の荷電カレント反応により反応点から発生した電子の同定には不十分である。そこで、私は ECC の最後方に装着した原子核乾板 2 枚を重ねた検出器で捉えた飛跡情報の中から、反応点から発生した電子の電磁シャワーの飛跡を検出することが  $\nu_e$  反応検出の誘因になると考え、ECC 中で再構成されたニュートリノ反応の二次粒子の飛跡情報と組み合わせて、 $\nu_e$  反応の候補となるイベントを効率的に選び出す手法を提案した。2008年、2009年のニュートリノ照射で反応点を特定したミューオンが同定されていない 505 イベントに対し探索を行い、選ばれた 86 イベントの中から詳細解析により 17 イベントの  $\nu_e$  反応を同定した。さらに、実データを用いて、 $\nu_e$  反応の主要バックグラウンドである  $\pi^0$  崩壊からの  $\gamma$  線の電子対生成が反応点から発生した電子と誤認する数を実測し、 $\nu_e$  反応数に対して 100 分の 1 の極めて低い割合の混入であることを確認した。

2008年、2009年の統計で、上記の 17 イベントと反応点探索時に電子同定した 2 イベント、計 19 イベントを用いて  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$  の振動解析を行った。3 フレーバーの枠組みでは、 $\Delta m_{31}^2$  の high mass ( $>10^{-2} \text{eV}^2$ ) の領域及び  $\Delta m_{31}^2 = 2.4 \times 10^{-3}(\text{eV}^2)$  において  $\sin^2(2\theta_{13}) > 0.44$  の領域での振動を排除した。また、LSND の観測結果に関する解析では、 $\sin^2(2\theta)$  の upper limit は  $7.2 \times 10^{-3}$  (90% C.L.)、感度は  $1.04 \times 10^{-2}$  であった。これにより LSND や MiniBooNE が振動を許容している領域の多くを排除した。