

学位論文公聴会

日時: 2015年 1月29日(木) 15:30~
申請者: 石黒勝己 (F研)
場所: 物理会議室 C207
題目: ニュートリノ振動実験 OPERA における崩壊探索手法の研究による
 $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$ 振動の検証

OPERA 実験はニュートリノ振動の有無に決着を着ける事を目的として設計された。ニュートリノ振動とは、ニュートリノの種類 ($\nu_e, \nu_{\mu}, \nu_{\tau}$) が時間と共に混ざり合い、別の種類のニュートリノになる現象である。OPERA実験以前に行われた様々な実験がニュートリノの消失を観測しており、その理由をニュートリノ振動と解釈した。OPERA 実験は、加速器で生成した ν_{μ} 中に ν_{τ} の出現を1反応ずつ確実に同定することでニュートリノ振動の明確な検証を行う実験である。実験ではニュートリノ反応の検出に原子核乾板を用いる。原子核乾板を1mm厚の鉛と交互に配置し、それを900万枚積み上げてニュートリノ反応に必要な質量を稼ぎつつ、ニュートリノ反応の再構築を行う。反応点を位置精度数 μm で再構成し、日欧合わせて6698反応、日本で3062反応の反応点検出に成功している。

その中からタウニュートリノ反応によるものを探し出す工程を崩壊探索という。タウニュートリノ反応から生成されるタウ粒子は約1mm飛んだ後崩壊し、崩壊娘の1次反応点への最接近距離は約100 μm となる。1次粒子の最接近距離精度は約4 μm なので、それ以上の値を持った飛跡を探すことで崩壊娘探索が可能である。崩壊探索の問題点として娘トラック発見効率が低いことがあった。主にコンプトン電子によるノイズ数との兼ね合いから、探索する7フィルム中3フィルムで飛跡認識に成功していることを娘の選出に求めていたが、この要求により娘発見効率が約42%に低下していた。私はECC中の飛跡のつながり具合の確からしさを尤度評価することで、要求する飛跡認識成功フィルム枚数を3枚から2枚に減少させた。これによってタウの娘粒子発見効率が42%から55%(1.3倍)に向上させた。これを日本側サンプルの崩壊探索に適用し、 $\tau^{-} \rightarrow \mu^{-}$ イベント(第三イベント)の崩壊娘ミューオンを2フィルムの飛跡で発見。親のタウ粒子も発見し崩壊点をプラスチックベース中に発見した。さらに詳細解析も私が行い、確かにタウニュートリノ反応であると同定した。この反応では娘ミューオンの電荷を5.6 σ の確実さで負と測定し背景事象であることを否定しつつ(背景事象のミューオンの電荷は正)、ニュートリノ振動が正ミューニュートリノから正タウニュートリノに振動したことを初めて測ることが出来た。

従来の方法では発見できなかったこのイベントを加えて計4反応のタウニュートリノ反応を検出し、4.2 σ の優位性で $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$ 振動存在の検証に成功した。また、 ν_{τ} アピアランスにより δm_{23}^2 を3.1[1.8, 5.0] $\times 10^{-3} \text{ eV}^2$ (Feldman-Cousins統計手法の90%CL)にあると求めた。