

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 石黒 勝己

論 文 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

論文審査担当者

主 査	名古屋大学 エコトピア科学研究所	教 授	理学博士	中村 光廣
委 員	名古屋大学 現象解析研究センター	教 授	博士(理学)	飯嶋 徹
委 員	名古屋大学 現象解析研究センター	准教授	博士(理学)	松本 浩典
委 員	名古屋大学 基礎理論研究センター	准教授	博士(理学)	前川 展祐

論文審査の結果の要旨

名古屋大学の牧・中川・坂田博士によりその存在が予言されたニュートリノ振動現象は、これまで特定種のニュートリノの減少として、その兆候がとらえられてきたが、振動によって出現する異種のニュートリノをとらえニュートリノ振動の有無に明快な答えを与えることが不可欠であった。

名古屋大学の独自技術である原子核乾板技術を用いてタウニュートリノ (ν_τ) の出現をとらえ、ミューニュートリノ (ν_μ) から ν_τ への振動の有無に直接的な証拠を与えるのが日欧共同実験 OPERA である。OPERA 実験は、 ν_τ の検出で実績のある原子核乾板と物質層 (鉛板) からなる Emulsion Cloud Chamber (ECC) を使用し、原子核乾板のサブミクロンの位置分解能で、 ν_τ 反応に特有な短寿命の τ 粒子の崩壊を幾何学的に捕らえ選別し、運動力学的解析により ν_τ 反応であることを同定する。

申請者は、 ν_τ 反応の検出にとって重要なこの τ 粒子崩壊の幾何学的検出を中心に研究を行った。 ν_τ 反応から生成される τ 粒子は 0.3 ピコ秒の寿命で、飛程 1mm 程度で崩壊する。その崩壊の検出は、反応点に対して有限の最接近距離をもつ崩壊から出た娘粒子をとらえることによって行う。原子核乾板には製造当初から低エネルギー電子などのノイズとなる飛跡が蓄積されている。要求された解析速度 ~ 1000 反応/年を満たすために、このノイズから信号を選別するのに使える自動飛跡読取装置系の処理時間には制限があり、結果として娘粒子の検出効率が 42% と低いことが問題となっていた。申請者は、読み出された飛跡の情報 (角度、濃度など) を活用し、再構成された娘粒子候補の本物らしさ偽物らしさを尤度評価して信号を選別する手法を導入し、娘粒子の検出効率を 42% から 55% と 1.3 倍に向上させた。

申請者はこの解析手法を実際の崩壊点探索に活用し、第 2 例、第 3 例の ν_τ 崩壊の検出に貢献した。両事象とも、反応点からは τ 粒子ともう一本の粒子しか出ておらず、従来の手法では反応点の検出が難しい事象であった。特に第 3 例では、従来の手法では見落とされていた崩壊の娘粒子を申請者が開発した手法でとらえ、詳細解析により背景事象の少ない τ 粒子の μ 粒子への崩壊と同定した。また娘の μ 粒子の電荷を 5.6σ の確実さでマイナスと同定し、ニュートリノ振動が正 ν_μ から正 ν_τ に振動していることを示した。同様に第 2 例の事象では、申請者の発案による核破砕片を用いてニュートリノの反応点を同定するという手法で反応点を検出し、 ν_τ 反応により発生した τ 粒子の三体崩壊事象であると結論した。

OPERA 実験では、2014 年 12 月末までに約 4600 事象の反応点を ECC 中に検出し、その中に申請者の手法で検出した 2 例を含む 4 例の ν_τ 反応を同定した。このことにより、 4.2σ の統計的有意性で ν_μ から ν_τ へのニュートリノ振動の存在に確証を与えた。

以上の研究成果は、ニュートリノ振動の研究を進展させる研究として高く評価できる。また参考論文は、申請者が貢献してきた OPERA 実験における、第 1 例、第 2 例、第 4 例のタウニュートリノ反応検出を報告したものであり、いずれも学術的価値のあるものである。よって申請者は博士 (理学) の学位を授与されるにふさわしいと認められる。