

学位論文公聴会

日時 : 2015年2月5日(木) 午後1時00分～

申請者 : 中塚裕司

場所 : 物理会議室 (C207)

題目 : ニュートリノ振動実験 OPERA におけるタウニュートリノ事象の運動力学的解析と $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$ 振動の検証

ニュートリノ振動現象は、標準理論では質量を持たないとされるニュートリノが質量を持つ場合に起こる現象であり、名古屋大学の牧・中川・坂田博士により理論的にその存在が予言されていた。実験的には、特定種のニュートリノの減少として、これまでその兆候がとらえられてきたにすぎず、振動で現れる異種のニュートリノをとらえ、ニュートリノ質量の有無に明快な答えを与えることが待ち望まれていた。

OPERA実験は、タウニュートリノ (ν_{τ}) 反応をとらえた実績を持つ名古屋大学の独自技術：原子核乾板を用いて、ミューニュートリノ (ν_{μ}) から振動して現れる ν_{τ} の反応をとらえ、ニュートリノ振動現象の有無に最終的な答えを与える国際共同実験である。はがきサイズの原子核乾板57枚と1mm厚の鉛板56枚を交互に重ねたEmulsion Cloud Chamber (ECC)を総計15万個使用し、 ν_{τ} 反応から出る短寿命の τ 粒子の崩壊を原子核乾板のサブミクロンの位置分解能で幾何学的に捕らえ、ECCの特徴を生かして運動力学的な解析を行うことにより ν_{τ} 反応の同定を行う。

申請者は、 ν_{τ} 事象同定にとって重要な運動力学的解析に関する研究を行った。運動力学的解析は、反応点から τ 粒子以外のレプトンが発生していないことの確認、崩壊の横向き運動量の測定や崩壊点への γ 線の付随の有無の確認による τ 粒子崩壊の同定であり、このために運動量測定、ハドロンの二次反応の検出によるハドロン同定ならびに電磁シャワーの検出による電子・ γ 線同定をECC中で行う必要があるが、反応が起こったECCの情報だけでは限界があり、複数のECCをつなげて解析を行う必要があった。OPERAは、宇宙線の少ない地下で行う実験であるため、ECC間の位置合わせに用いる事ができる貫通飛跡が存在せず、過去の原子核乾板を用いたニュートリノ実験と比べて新しい手法の開発が必要であった。申請者は、反応点を同定する際に用いられた二つ以上のECCを貫通した飛跡を用いて、ECC間の位置ずれ、角度ずれなどの定量的な評価を行い、接続のパラメータの許容範囲を決定した。また重要な反応を解析するために地下で現像されたECCへの接続に関しても研究を行い、検出した飛跡に対する位置、角度、濃度への制限の最適化を行った。

申請者はこの手法を崩壊候補事象の運動力学的解析に応用し、4例の ν_{τ} 事象の同定に貢献した。特に第4事象においては開発した手法が重要な働きをし、ニュートリノ反応点から発生した一次粒子を10個のECCにわたってその飛跡を丹念に追跡し、その運動量解析によってハドロンである事を確定し、この事象が ν_{τ} 事象である事を確定した。

2014年12月末までに約6000事象の反応点をECC中に検出、これまでに4例の ν_{τ} 反応を、運動力学的解析により同定し、 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。