

氏 名	かとう いっせい 加藤 一成
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2843 号
学位授与の日付	平 成 16 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 ・ 宇 宙 物 理 学 専 攻
学位論文題目	Indications of Neutrino Oscillation in K2K Experiment (K2K 実験に於けるニュートリノ振動の示唆)

論文調査委員	(主 査) 教 授 西 川 公 一 郎	教 授 今 井 憲 一	教 授 谷 森 達
--------	------------------------	-------------	-----------

論 文 内 容 の 要 旨

本申請論文は、加速器を使い人工的に作られたニュートリノによるニュートリノ振動の測定について述べたものである。ニュートリノ振動の存在はニュートリノの質量が零でないこと、およびレプトン数が保存しないことの証明である。素粒子の最も基本的な性質の一つは質量であるが、なかでもニュートリノ質量はクォークや荷電レプトンに比べて極端に小さく、現在までその直接測定に成功した実験は無い。1998年に発表された「大気ニュートリノ」の観測結果により、ニュートリノ質量の領域が示唆された。それは約1GeVのニュートリノの振動長が数100kmであることに対応する。また「大気ニュートリノ」の観測においては、電子ニュートリノ(ν_e)には変化が無くミューニュートリノ(ν_μ)が減少しているように見える。この減少はニュートリノ振動によって ν_μ が ν_e に変化したとすれば説明がつく。本研究においては茨城県高エネルギー加速器研究機構(KEK)12GeV陽子シンクロトロンを用いニュートリノを生成し、250km離れた岐阜県にあるスーパーカミオカンデにおいてニュートリノ事象を測定する。KEK内での測定と比較することにより、この飛行の間にどのようにニュートリノが変化したかを測定する。本論文では、1999年6月から2001年7月まで 4.79×10^{19} の12GeV陽子によって生成されたニュートリノに基づき、250kmの距離で事象数とエネルギー分布の変化を測定することによってニュートリノ振動を探索した。この為にはニュートリノ生成直後における反応数の測定、ビームの方向とその安定性を全実験期間にわたって1mrad以下で保証するモニター、近距離と遠距離でのビーム強度を関係付けるためのガスチェレンコフカウンターによるパイ中間子の運動量と角度分布の測定、がなされた。またスーパーカミオカンデで起こった事象がビーム起源であることはGPS(global positioning system)のtimingにより加速器との同期をとることによって、バックグラウンドフリーの選択が出来ることを示した。上記1999年6月から2001年7月までのデータの解析を行った結果、スーパーカミオカンデで期待される事象の数は $80.1 \pm 6.2 - 5.4$ 、一方56個のニュートリノ反応が実際に検出された。またニュートリノエネルギーを再構成できる29事象は、ニュートリノ振動に特徴的なエネルギー分布に変化を示した。事象数とエネルギー分布の変化から、ニュートリノ振動が無い確率は1%以下となった。混合は非常に大きく、最大の混合を仮定すると、振動に関与するニュートリノ質量の二乗差は90%の信頼度で $(1.5 - 3.9) \times 10^{-3} eV^2$ となった。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

申請者は、加速器を使ったニュートリノビームによる $\Delta m^2 \sim 10^{-3} eV^2$ の領域を探索する世界で初めての実験であるK2K実験に参加し、初めてニュートリノ振動の直接の証拠であるミューオンニュートリノ減少のエネルギー依存性を示した。

この実験の最大のポイントは発生点近くの測定器で測ったニュートリノビームに基づいて250km遠方にある測定器が受けるべきニュートリノビームを予測することにある。申請者は、KEKの陽子加速器からのニュートリノを発生させた直後のニュートリノの測定のため、1000トン水チェレンコフ測定器の更正、メンテナンスおよび解析を中心になって行い、パイ中間子発生後300mの地点での測定器全てを使用してニュートリノビームのエネルギー分布を求めることに成功した。こ

のエネルギー分布の安定性は、実験全期間にわたる1000トンミュオン粒子飛跡検出器を用いて申請者が確かめた。

また長距離にわたってビームをとばすには、その方向が重要である。申請者は加速器のパルス毎のビーム方向を、全期間にわたる長期間のモニターを行い1mrad以下で安定にコントロール可能であること、およびビームプロファイルはシミュレーションで再現できることを示した。以上のことにより250kmの距離でのニュートリノ事象を予測できることが可能となった。

1999年6月から2001年6月に取得されたデータを解析した結果、ニュートリノ振動が無い確率は1%以下であることが示され、250km飛行後1GeV弱のエネルギーのニュートリノが減少していることを示した。

よって、本申請論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。

主論文および参考論文に報告されている研究業績を中心として、これに関連した研究分野について口頭試問した結果、合格と認めた。