

氏 名	稲 垣 隆 宏
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 2401 号
学位授与の日付	平成 13 年 11 月 26 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	Measurement of the Disappearance of Muon Neutrino in 250km Long Base Line (250km の長基線間での、ミューオンニュートリノ事象の減少の測定)
論文調査委員	(主 査) 教 授 西 川 公 一 郎 教 授 笹 尾 登 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軽く、現在までその直接測定に成功した実験は無い。近年の宇宙線と大気との反応による「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、この飛行の間どのようにならぬニュートリノが変化したかを測定する。

本論文では、近距離での測定に基づき 250km の距離で期待される事象数を予想する。この予想値と実際に検出された事象数を比較する。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。

1999年6月から2000年6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 37.8 ± 0.2 (stat.) + 3.8 - 4.0 (sys.)、一方28個のニュートリノ反応が実際に検出された。ニュートリノ振動が起こっている確率は90%以上と見積もられた。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

申請者の博士論文は、加速器を使ったニュートリノビームによる $\Delta m^2 \sim 10^{-3} \text{eV}^2$ の領域を探索する世界で初めての実験である。

KEK の陽子加速器からのニュートリノを発生させ、250km はなれたスーパーカミオカンデでそのニュートリノの反応を測定することによってニュートリノが零でない有限の値を持つ直接的証拠であるニュートリノ振動を探索する実験である。

このような実験は世界最初の試みである。この「最初」である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、イメージングチェレンコフによって、大量に存在する陽子の中からパイ中間子の運動量、角度分布を測定し、崩壊のキネマチック

スを使って、遠近の測定器におけるビームの関係を出すことに成功した。

またビームの方向はパルス毎、および1年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。

またスーパーカミオカンデにおけるビーム起源のニュートリノ事象はGPSの時刻をビーム発射時と検出時に記録し、その同期をとることによってバックグラウンドフリーに選択できることを示した。

同種の長基線ニュートリノ振動実験は米国のFNAL、ヨーロッパのCERNでも計画されているが、その手法を確立したといえる。

1999年6月から2000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ある確率は90%以上であることが示された。

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。