

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Measurement of theta13 in reactor neutrino oscillation with the Double Chooz near and far detectors
著者(和文)	Sharankova Ralitsa
Author(English)	Ralitsa Valentinova Sharankova
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10611号, 授与年月日:2017年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:久世 正弘,柴田 利明,中村 隆司,陣内 修,宗宮 健太郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10611号, Conferred date:2017/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第 号			学位申請者氏名		Sharankova Ralitsa	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名	
	主査	久世 正弘	教授	審査員	宗宮 健太郎	准教授	
	審査員	陣内 修	准教授				
		柴田 利明	教授				
		中村 隆司	教授				

論文審査の要旨（2000 字程度）

ニュートリノは素粒子標準模型で記述される素粒子の 1 種である。3 つのフレーバーと呼ばれる種類 (ν_e, ν_μ, ν_τ) として存在し、それぞれ 3 つの質量固有状態 (ν_1, ν_2, ν_3) の重ね合わせとして表される。フレーバー間の転移 (ニュートリノ振動と呼ぶ) が実験により測定されていることから、ニュートリノの質量がゼロではないことがわかっている。ニュートリノ振動は 3 つの混合角 ($\theta_{12}, \theta_{13}, \theta_{23}$)、2 つの質量二乗の差と CP 対称性の破れを表す位相 δ_{CP} の 6 つの独立なパラメーターで記述される。そのうち、 θ_{13} は原子炉ニュートリノ実験により最も精度よく測定されている。振動パラメーターのうち未測定なのは δ_{CP} のみであり、その測定には θ_{13} の精密な値が不可欠である。

Double Chooz (ダブルショー) 原子炉ニュートリノ実験は、北フランスのショー原子力発電所の原子炉から生成される反電子ニュートリノを 2 つの大型液体シンチレーター検出器で測定している。後置検出器は 2011 年からデータ収集をしており、前置検出器は 2015 年にデータ収集を始めた。

ニュートリノは検出器内で逆 β 崩壊 (IBD) 反応を起こし、2 つの信号の遅延同時計測として検出される。先発信号は IBD 反応で生成された陽電子のエネルギー損失及び電子・陽電子の対消滅で放出される 2 本の γ 線からなる。後発信号は中性子が熱化し原子核に捕獲された時に放出される γ 線からなる。原子炉ニュートリノ実験では、中性子がガドリニウム (Gd) 原子核に捕獲される事象を主にデータ解析に用いる。その場合後発信号のエネルギーが 8 MeV と高いためバックグラウンドが少ない。一方、Double Chooz や他の実験では水素原子核 (H) への捕獲事象を用いた解析も行っている。その場合後発信号のエネルギーは 2.2 MeV と低いため偶発事象によるバックグラウンドが増すという問題がある。

前置検出器の建設が完了するまで Double Chooz では後置検出器のデータのみを用いてデータ解析を行っていた。本論文では後置と前置、両検出器のデータを用いた解析を行った。この解析では統計誤差を抑えるため Gd 捕獲事象に加えて H 捕獲事象も用いている。それにより検出器の有効体積が増え、Gd 事象に比べて統計量が約 3 倍になる。しかし H 事象を用いた解析では後発信号エネルギーが低いため環境 γ 線による偶発的バックグラウンドが大幅に増えてしまう。そのため本解析ではバックグラウンド削減のためニューラルネットワークを応用した解析を開発し、ニュートリノ事象の選別条件を最適化した。さらに両検出器で取得したデータを用いた混合角 θ_{13} の測定を行い、 $\sin^2 2\theta_{13}=0.117\pm0.019$ という結果を得た。この結果は後置検出器のデータのみを用いた結果に比べ約 2 倍の精度向上である。

本論文は 5 部構成となっており、それぞれ物理的背景、Double Chooz 実験でのデータ収集と再構成及び信号モンテカルロ (MC) 作成、Gd+H 事象を用いた解析の説明、 θ_{13} 測定、結論を記述している。第 1 部は第 1 章 (ニュートリノ物理学導入) と第 2 章 (ニュートリノ振動の測定) からなる。第 2 部は Double Chooz 実験の詳細を述べる第 3 章、データ再構成を説明する第 4 章と信号 MC 作成の説明がある第 5 章からなる。第 3 部は第 6 章 (ニュートリノ選別条件及びバックグラウンド)、第 7 章 (偶発的バックグラウンド削減のための解析) と第 8 章 (検出効率と系統誤差) からなる。第 4 部は θ_{13} 測定 (第 9 章) を記述する。第 5 部では第 10 章に結果と展望についてまとめている。

以上、本論文は素粒子ニュートリノの振動現象を記述する基本的パラメータ θ_{13} を高精度で測定した結果を与えており、申請者の考案した新しい解析手法を用いて質の高い測定方法を実現している。このパラメータの値は将来の大型実験による CP 対称性の破れの測定のためにも重要なインプットであり、宇宙の物質反物質非対称性の解明へつながる研究である。本論文は申請者の優れた研究能力を示すとともに、この分野の研究に大きく貢献するものであり、博士 (理学) の学位論文として価値あるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。