

自己評価報告書

平成 23 年 4 月 20 日現在

機関番号： 11301

研究種目： 特別推進研究

研究期間： 2008～2012

課題番号： 20001002

研究課題名（和文） 原子炉ニュートリノによるニュートリノ物理の新展開

研究課題名（英文） New Development of Neutrino Physics by Reactor Neutrinos

研究代表者

末包 文彦 (SUEKANE FUMIHIKO)

東北大学・ニュートリノ科学研究センター・准教授

研究者番号： 10196678

研究分野： 素粒子実験

科研費の分科・細目： 物理学，素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード： ニュートリノ，ニュートリノ振動，原子炉，素粒子，DoubleChooz，KASKA，混合角， θ_{13}

1. 研究計画の概要

本研究の目的は、原子炉ニュートリノを用いて第3のニュートリノ振動を検出し、現在ニュートリノ研究で最も火急の課題である θ_{13} と呼ばれるニュートリノ混合パラメータの測定を行い、ニュートリノ物理に新しい展開の道をひらくことである。

本研究対象であるDoubleChooz実験は、フランスのChooz原子炉発電所にニュートリノ検出器を設置し、原子炉ニュートリノの欠損を測定することによりニュートリノ振動を検出し、その振動の大きさから θ_{13} を測定する。DoubleChooz実験は最終的に $\sin^2 2\theta_{13}$ をこれまでの約5倍の精度である0.03の精度で測定する。また次世代の原子炉ニュートリノ検出器の開発も行う。

DoubleChoozグループは、フランス、日本、ドイツ、アメリカ、スペイン、ブラジル、ロシアからなる国際共同実験であり、本研究グループは、東北大、東京工業大学、首都大、新潟大学、神戸大、東北学院大、広島工大からなる日本グループとして、DoubleChooz実験の重要な部分である光検出システム、データ収集システム、検出器シミュレーション、解析などを担当している。

2. 研究の進捗状況

DoubleChooz実験計画は大きく分けて検出器1台で測定を行う第1期と、検出器2台で測定精度を改善し測定を行う第2期とからなる。これまで第1期のためのニュートリノ検出器の開発と建設を行って来た。本研究グループは、光電子増倍管システム、データ収集装置、較正装置などを担当している。

2008年に、高性能で低バックグラウンド

の大口径の光電子増倍管を開発し、400本の光電子総倍管の調整を行い、2009年春、検出器本体に組み込んだ。同時に光電子増倍管用の高電圧発生装置の調整と設置を行いコントロールプログラムを開発した。平行してデータ収集・モニタープログラムをフランスと共同で開発し、現在データ収集に使用している。2010年の液体シンチレーター導入にも加わり、難しい作業を成功させることができた。2010年末に第一期の検出器の主要部分の建設完了後、2011年1月から物理データ取得のためのコミショニング（検出器の全体調整）を中心となり行った。現在物理データ収集を行っている。

解析では、本研究グループは日米欧の3つの解析クラスターの1つとなっており、データの統計がたまりしだい物理結果が出せるよう準備をしている。

検出器開発では、パルス波形により高速中性子バックグラウンド除去を行う小型原子炉ニュートリノ検出器を開発し、その性能評価を行っている。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

本研究グループは、これまでDouble Chooz実験の重要な部分を担当し、検出器建設を進めてきた。その結果、DoubleChooz実験は2010年末に第1期の検出器の主要部分の建設を終了し、同年12月23日に、検出器完成とデータ収集開始のプレスリリースをヨーロッパで行った（[その他]の項参照）。検出器のエネルギーあたりの光収集量は設計値より大幅に多いことが判明し、調整の後、エネルギー分解能などの性能も設計値より良

くなると予想される。コミッションングも2011年4月初めに無事完了させ現在物理データを収集中である。解析準備も順調に進んでおり、2011年2月のコラボレーションミーティングでは、欧米グループに先駆けて重要な途中結果を示した。(まだ公表はできないのでここでは詳しい説明はできない)。

一方建設中に予期せぬ問題が幾つか発生し、その対処のため全体スケジュールは遅れぎみである。

小型ニュートリノ検出器開発では地上での原子炉ニュートリノ検出に関する問題点をほぼ洗い出せた。2010年8月に、国際ワークショップ (Applied Antineutrino Physics) を東北大で開催し、IAEAなどからの参加を得た(〔その他〕参照)。

2011年3月にこれまでの実績をまとめ、光電子増倍管の開発とテストに関する論文と、小型ニュートリノ検出器開発に関する論文を Nuclear Instruments and Methods A に投稿した。

DobubleChooz 検出器建設では本研究グループは当初計画より大きな貢献ができ、他のメンバーからの評価も非常に高く、日本グループとしての達成度は満足行くものである。

4. 今後の研究の推進方策

今後は第1期の物理結果を得るとともに第2期実験のためのもう1台のニュートリノ検出器の建設を行う。解析は、日本グループのチームワークの良さを利用し、信頼性と精度の高いデータ評価をすばやく行う。2011年夏にはこれまでの θ_{13} 測定より良い精度 ($\delta\sin^2 2\theta_{13} < 0.15$)での測定結果を発表する予定である。その後は、2012年には第1期の到達目標精度である $\delta\sin^2 2\theta_{13} \sim 0.06$ までの精度で測定を行う。

2012年には第2期実験のため、もう1台の検出器の建設を行う。そのため、2011年より建設準備を始める。2台目の検出器の建設は、1台目の検出器の時の経験があり、光電子増倍管なども全て調整済みなので、1年以内に完了することを計画している。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

これまでは、実験装置の建設が主だったため、論文の数は少ない。一方本研究は世界中から注目されているため、国際会議その他での講演数は多い。

[雑誌論文] (計4件)

1. A.Gando, F.Suekane et al., Constraints on θ_{13} from a three-flavor oscillation analysis of reactor antineutrinos at KamLAND (査読有), Physical Review D, 85, 2011, 052002-1~11.

2. T.Konno, A.Cabrera, M.Ishitsuka, M.Kuze, Y.Sakamoto, Online Data Monitoring Framework Based on Histogram Packaging in Network Distributed Data Acquisition Systems(査読無), The International Conferences on Computing in High Energy and Nuclear Physics (CHEP) 2010 proceedings, Manuscript number : CHEP123

3. M.Ishitsuka, The Double Chooz reactor neutrino experiment(査読無), Proceedings of Science (35th ICHEP conference), 2010.

4. F.Suekane, Prospects of reactor neutrino experiments(査読無), Progress in Particle and Nuclear Physics, 64 (2010) 178-180.

[学会発表] (計54件)

1. M.Kuze, Review of reactor neutrino experiments (invited review talk), 11th International Workshop on Next generation Nucleon Decay and Neutrino Detectors, Toyama International Conference Center, 2010年12月13日.

2. 末包文彦, いよいよ始まるDouble Chooz実験(招待), 日本物理学会企画講演, 九州工大, 2010年9月12日.

3. M.Ishitsuka, The Double Chooz reactor neutrino experiment, 35th International Conference on High Energy Physics (ICHEP2010), フランス パリ, 2010年7月22日.

4. 坂本泰伸, Double Chooz 実験オンラインソフトウェアシステムの開発, 日本物理学会, 岡山大学, 2010年3月20日.

5. T.Kawasaki, Status of the Double Chooz Experiment, Beyond the Standard Models of Particle Physics, Cosmology and Astrophysics, Cape Town, South Africa, 2010/2/2.

6. F.Suekane, Prospect of Reactor neutrino Oscillation Experiment, Neutrinos in Cosmology, in Astro, in Particle and in Nuclear Physics, Erice, Italy, 2009/9/26.

[その他]

* DoubleChooz-Japan ホームページ

<http://dchooz.titech.jp.hep.net/>

* DoubleChooz プレスリリース

http://doublechooz.in2p3.fr/Status_and_News/Press/Press_release_Dec2010.pdf

* Applied Antineutrino Physics Workshop

<http://www.awa.tohoku.ac.jp/AAP2010/>