

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	Measurement of electron antineutrino flux in Super-Kamiokande with gadoliniumloaded water
Title(English)	Measurement of electron antineutrino flux in Super-Kamiokande with gadoliniumloaded water
著者(和文)	泉山将大
Author(English)	Syota Izumiyama
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12637号, 授与年月日:2024年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:陣内 修,慈道 大介,中村 隆司,藤岡 宏之,谷津 陽一
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12637号, Conferred date:2024/3/26, 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	泉山 将大	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	陣内 修	教授	慈道 大介	教授
	審査員	中村 隆司	教授		
		藤岡 宏之	准教授		
谷津 陽一		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

素粒子のひとつであるニュートリノは、元素合成や核分裂などの原子核反応などにより放出される。宇宙の星形成が始まって以降発生した超新星爆発由来のニュートリノが宇宙空間に堆積したものは、超新星背景ニュートリノ (Diffuse Supernova Neutrino Background: DSNB) と呼ばれている。その流量は小さく実験的には未発見であり、典型的なエネルギー領域は数 MeV から数十 MeV である。大型のシンチレータ検出器や水チェレンコフ検出器が世界最高感度で探索を続けており、反電子ニュートリノの逆ベータ崩壊による陽電子と中性子の信号を同時遅延計測する事で大きな感度を実現している。DSNB に加えて、数 MeV 領域には原子炉由来の反電子ニュートリノがあり、この原子炉ニュートリノの測定が素粒子物理の理解において大きな役割を果たしてきた。現状の大型水チェレンコフ検出器では、数 MeV の反電子ニュートリノの測定が困難であり、原子炉ニュートリノの兆候は 2023 年に初めて見られたものの顕著な発見には至っていない。

本論文は“Measurement of electron antineutrino flux in Super-Kamiokande with gadolinium-loaded water”と題し、大型水チェレンコフ検出器の適用エネルギー範囲を低エネルギー側に拡げ、数 MeV の反電子ニュートリノの測定を可能とした点が新規的である。申請者はガドリニウム(Gd)を添加した大型水チェレンコフ検出器 Super-Kamiokande (SK-Gd) を用いて数 MeV 領域の反電子ニュートリノを測定した。新たなトリガーによるデータ収集、及び独自のデータ解析を駆使し背景事象を大幅に低減した結果、原子炉ニュートリノを有為に観測することができた。また DSNB を始めとする天体現象起因の反電子ニュートリノ流量に関し世界最高水準の制限を課すことに成功した。従来は大型シンチレータ検出器のみがこのエネルギー領域で測定可能であったところ、大型化しやすい検出器である水チェレンコフ検出器の適用可能性を示し、今後の検出器設計・計画にも影響を及ぼす顕著な結果である。

論文の構成は全 13 章と付録からなる。第 1 章では、ニュートリノとその放出源のひとつである超新星爆発をレビューしている。第 2 章は、実験の原理および実験が遂行された SK-Gd 実験の詳細な説明を記す。第 3 章では SK-Gd における検出器の較正について述べられ、第 4 章ではニュートリノ事象をどのように検出器で測定するのか、その詳細が説明されている。第 5 章では測定期間中の検出器の状態が議論された。第 6 章では、測定対象となる DSNB や原子炉ニュートリノ及びその背景事象のモデリングについて説明している。第 7 章では、背景事象の中から反電子ニュートリノの信号を引き出す手法が述べられ、第 8 章では解析で残存する背景事象や反電子ニュートリノ信号に対する系統誤差を議論している。第 9 章では実際に観測された反電子ニュートリノ事象のエネルギースペクトルを示している。本論文の主眼である低いエネルギー領域において、反電子ニュートリノのスペクトルが予測値の通り確認された。第 10 章では観測された反電子ニュートリノが原子炉起因であり、水チェレンコフ検出器で世界で初めて顕著に観測された事が示された。第 11 章では、観測された反電子ニュートリノスペクトルから、天体起因の成分があるかを議論している。今回の測定では顕著な成分は見られず、反電子ニュートリノ流量へ制限を与えた。水チェレンコフ検出器として世界で初めてとなるエネルギー領域における制限値であり、将来の Hyper-Kamiokande 実験につながる成果である。第 12 章では、第 10 章、第 11 章で得られた結果について他の実験と比較し、また将来展望を議論している。第 13 章では、論文全体で得られた結果をまとめている。第 6 章以降が、申請者が本論文の為に開発した手法の説明及び、その手法による測定内容である。論文及び審査会を通じて、申請者の物理、検出器への深い理解を確認でき、手法の開発に繋がっていることが伺えた。

以上、本論文は申請者の優れた研究能力と分野への貢献を示すものであり、博士(理学)論文として高い価値があるものと認められる。