

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 TAANI Mahdi

論 文 題 目 Non-Standard Neutrino Interaction Analysis with  
Atmospheric Neutrino Data in Super-Kamiokande I-IV and the  
Design of the Hyper-Kamiokande Outer Detector

(Super-Kamiokande I-IV での大気ニュートリノデータの非標準ニュート  
リノ相互作用の解析と Hyper-Kamiokande Outer Detector の設計)

論文審査担当者

主 査

名古屋大学宇宙地球環境研究所 教授 理学博士 田島 宏康

委 員

名古屋大学素粒子宇宙起源研究所 教授 博士 (理学) 久野純治

京都大学大学院理学研究科 准教授 PhD Roger Wendell

## 論文審査の結果の要旨

## 別紙 1-2

ニュートリノは宇宙にありふれた素粒子でありながら、弱い相互作用のみを感ずるため、ほとんど物質と相互作用せず太陽や地球も貫通する。その観測には大質量の検出器が必要であり、5万トンの超純水を検出標的として用いた **Super-Kamiokande** により、様々なニュートリノの観測が行われてきた。**Super-Kamiokande** では、宇宙線が大気原子核と衝突して生成する大気ニュートリノの観測により、ニュートリノ振動が観測され、ニュートリノが有限の質量を持つ証拠となった。ニュートリノ振動は、3種類のニュートリノの量子状態が混合していることに起因する量子力学的な干渉効果であり、観測が難しいニュートリノの詳細な性質を探ることができる。特に、地球の裏側から地中を通り抜けて飛来する大気ニュートリノは、地中の物質との相互作用を受けて「物質効果」がニュートリノ振動に現れ、ニュートリノの持つ未知の相互作用を探ることができる。

申請者は、**Super-Kamiokande** の15年分の観測時間にあたる大量の大気ニュートリノ振動データを詳細に解析し、素粒子標準模型が予言する弱い相互作用に加えて、未知の相互作用が存在している場合にニュートリノ振動に現れる微小な「物質効果」を探り、標準模型を超える力の存在を探索した。3種類にわたるニュートリノ振動では、正確には2種のニュートリノ質量差スケールを扱う必要があるが、従来の非標準相互作用を探索する解析手法では、近似的にひとつのニュートリノ質量差スケールのみを持つニュートリノ振動として取り扱ってきた。申請者は、非標準相互作用を持つ場合のニュートリノ振動を、はじめてふたつの質量差スケールを持つ厳密な3世代ニュートリノ振動に拡張した。これにより、正確な解析結果を得られるようになっただけでなく、従来考慮されて来なかった相互作用チャンネルや、1GeV以下のエネルギー領域に現れる効果も研究可能となった。探索の結果、有意な非標準相互作用の兆候は観測されず上限値が得られたが、いくつかの相互作用チャンネルでは、従来の加速器実験等から制限よりも強い制限を与える事に成功した。さらなる感度向上のためには、統計精度の改善が必須となる。この目的のため、申請者は、**Super-Kamiokande** 実験の有効体積を8倍増強する **Hyper-Kamiokande** 実験での **Outer Detector** の設計とその要素開発を行った。**Outer Detector** はニュートリノ事象に混入する検出器外部からの宇宙線の除去などに必須の部分であり、申請者は、チェレンコフ光を効率よく捉える波長変換板の開発や性能評価を行い、**Outer Detector** の基本設計を確立して、2027年から観測予定の **Hyper-Kamiokande** 実験の建設へ向けて重要な貢献を行った。

大気ニュートリノ振動における非標準相互作用の新しい探索結果の導出と、将来の **Hyper-Kamiokande** 実験での **Outer Detector** 設計への貢献は独創的で重要な成果であるとして、博士（理学）に値する。なお、本学位論文はエジンバラ大における **Viva** が開催されて評価が行われており、共同学位授与が決定している。