

## 令和 3 年度 (2021) 共同利用研究・研究成果報告書

<p>研究課題名 和文：太陽ニュートリノエネルギースペクトルの研究 英文：Study of solar neutrino energy spectrum</p>
<p>研究代表者 中島 康博 (東大宇宙線研 神岡宇宙素粒子研究施設・助教) 参加研究者 東京大学宇宙線研究所：中畑雅行、関谷洋之、池田一得、Lluís Martí、矢野孝臣、Guillaume Pronost、伊藤博士、岡本幸平、兼村侑希、鈴木洋一郎 神戸大学理学研究科：竹内康雄、中野祐樹 岡山大学大学院自然科学研究科：小汐由介、酒井聖矢 東京理科大学：石塚正基、篠木正隆 宮城教育大学教育学部：福田善之 東海大学理学部物理教室：西嶋恭司 Univ. of California, Irvine, Dept. of Physics and Astronomy: H. W. Sobel, W. R. Kropp, M. B. Smy, J. Griskevich 東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構：Mark Vagins</p>
<p>研究成果概要 本研究は、スーパーカミオカンデ (SK) において、太陽ニュートリノを精密に測定することを目的としている。SK は、1996 年の観測開始当初より純水を用いて観測を行ってきたが、2020 年、ガドリニウムを加え SK-Gd として新たな観測を開始した[1]。これまでに取得した純水フェーズでのデータの解析手法を改善するとともに、SK-Gd においても高感度の観測を継続し、太陽ニュートリノ測定の精度を高める研究を行なっている。とりわけ、電子ニュートリノのスペクトラムを精密に測定することで、5MeV 程度以上の物質効果 (MSW 効果) が支配的な状態から、それ以下のエネルギーでの真空中のニュートリノ振動確率への遷移 (up-turn) を精密に測定することで、ニュートリノ振動モデルの精密検証を目指している。 2021 年度は、Gd 導入後のスーパーカミオカンデにおいて、エネルギー較正を中心とした、測定器の応答の精密評価に向けた研究を行ってきた。とりわけ、以下に挙げる測定を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● ガドリニウム導入後初めて電子線形加速器を用いた、電子のエネルギー・位置・方向再構成の較正実験を行った。</li> <li>● 宇宙線ミュオン核による酸素原子核による捕獲により生成された <math>^{16}\text{N}</math> の崩壊電子を用いたエネルギースケールの時間変動の評価。</li> <li>● 宇宙線による核破砕で生成された中性子の、Gd 捕獲事象を用いた、新しいエネルギー較正手法の開発。</li> </ul>

これまでに得られた太陽ニュートリノの解析については、核破砕による背景事象のより詳細な評価とその改善した除去手法についてまとめた論文[2]、および太陽ニュートリノのスペクトルから非標準相互作用の寄与を探索した論文[3]をそれぞれ公表した。また、2020年に Neutrino 2020 国際会議にて報告を行った太陽ニュートリノの測定結果[4]をもとに、スーパーカミオカンデの純水フェーズの太陽ニュートリノ測定結果をまとめた論文を現在準備中である。

2022年度には、さらに26トンの硫酸ガドリニウム・八水和物をSKに溶解し、ガドリニウム濃度を現行の0.01%から0.03%に向上させる予定である。太陽ニュートリノの観測を高精度で継続するためには、ガドリニウムの導入による放射性不純物の混入を最小限に抑えることが不可欠である。このための超高純度硫酸ガドリニウムの製造およびその放射性不純物のスクリーニングを行っており、純度の要求値を満たしていることを確認している。

最近の発表論文(国内外での学会における発表を含む)

[1] “First gadolinium loading to Super-Kamiokande”, [Super-Kamiokande], Nucl. Instrum. Meth. A 1027 (2022) 166248.

[2] “New Methods and Simulations for Cosmogenic Induced Spallation Removal in Super-Kamiokande-IV”, S. Locke, et al. [Super-Kamiokande], arXiv:2112.00092 [hep-ex].

[3] “Testing Non-Standard Interactions Between Solar Neutrinos and Quarks with Super-Kamiokande”, P. Weatherly, et al. [Super-Kamiokande], arXiv:2203.11772 [hep-ex].

[4] “Recent results and future prospects from Super-Kamiokande”, Y. Nakajima, oral presentation in The XXIX International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics (NEUTRINO2020), June 22 – July 2, 2020.

整理番号 A06