

2019 (令和元) 年度 共同利用研究・研究成果報告書

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
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、岸本康宏、関谷洋之、池田一得、Lluís Martí、加藤陽、矢野孝臣、Guillaume Pronost、岡本幸平 神戸大学理学研究科：竹内康雄、中野祐樹、長谷川誠 岡山大学大学院自然科学研究科：小汐由介 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, S. Mine, M. B. Smy, Pierce Weatherly, Volodymyr Takhistov, Scott Locke, J. Griskevich 東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構：鈴木洋一郎、Mark Vagins、Matthew Murdoch、Charles Henry Simpson
研究成果概要 本研究は、スーパーカミオカンデ (SK) およびそのアップグレード計画である SK-Gd 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。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。 スーパーカミオカンデは、2008年9月以降は第4フェーズ (SK-IV) としてデータ取得を行ってきた。この間 SK で用いられている光電子増倍管のゲインが 10%から 15%程度増加し、このことによるエネルギースケールの変化が問題となっていたが、これを補正したエネルギー再構成手法を開発した。これらに加え、さらなるエネルギー再構成手法の改善や、測定器シミュレーションの改善等を 2019 年度に行い、この新たな手法を用いた SK-IV の 2970 日分のデータを含めた解析を現在進めている。今後、これらの結果を SK-IV の最終結果としてまとめ、論文として発表する予定である。今後 SK-Gd でも観測を継続し、さらなる高統計・高精度での太陽ニュートリノスペクトラムの測定を目指す。以上太陽ニュートリノ測定の実況について、TAUP2019 や NNN2019 等の国際会議で報告を行なった[1-3]。 スーパーカミオカンデでは、2018年から2019年にかけて水槽の大規模改修工事を行ったが、その改修後の 2019年1月29日より、新たなフェーズ SK-V として観測を再開し現在も継続している。2019年度は、改修工事により導入された水槽内の新配管を用

い、精密な水流の調整を行なった。その結果、タンク内の水の対流を SK-IV に比べて大幅に抑制し、太陽ニュートリノ観測のバックグラウンドとなる水中ラドンを有効体積内で大幅に低減することに成功した (図 1)。今後、ガドリニウム導入に備え、さらなる水流の研究と調整を行なってゆく。

SK にガドリニウムを導入するにあたり、これまで硫酸ガドリニウム中に含まれる放射性不純物も問題となっていたが、企業との共同開発を経て、太陽ニュートリノ観測のバックグラウンドとして問題にならないレベルの高純度硫酸ガドリニウムの生成に成功した。これまでに約 10 トン分の生産が完了しており、近日中の SK への導入を目指し準備を進めている。

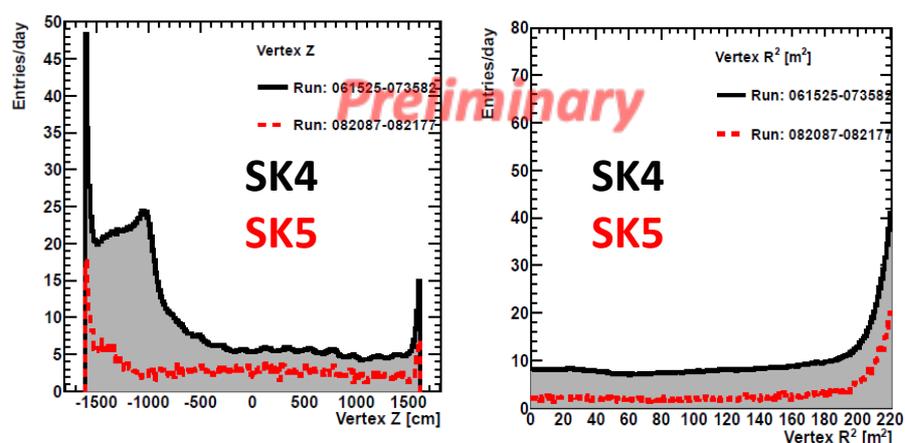


図 1 : SK-IV(黒)および SK-V(赤)における、低エネルギー事象の反応点分布。左側が垂直方向の座標(Z)の分布、右側が動径方向(R²)の分布を示す。

最近の発表論文(国内外での学会における発表を含む)

- [1] “Solar and Supernova Neutrinos”, Yasuhiro Nakajima, oral presentation in “The 20th International Workshop on Next generation Nucleon Decay and Neutrino Detectors (NNN19)”, November 7–9, Medellin, Colombia.
- [2] “Super-Kamiokande Status and Prospect for SK-Gd”, Linyan Wan, oral presentation in “The 20th International Workshop on Next generation Nucleon Decay and Neutrino Detectors (NNN19)”, November 7–9, Medellin, Colombia.
- [3] “Latest result of solar neutrino analysis in Super-Kamiokande”, Yuuki Nakano, oral presentation in “The 16th International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics (TAUP 2019)”, September 9–13, 2019, Toyama, Japan
- [4] “Solar neutrino measurements with Super-Kamiokande”, Motoyasu Ikeda, oral presentation in “The XXVIII International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics (Neutrino 2018)”, June 4–9, 2017, Heidelberg, Germany.
- [5] “Solar Neutrino Measurements in Super-Kamiokande-IV” The Super-Kamiokande Collaboration, Phys. Rev. D 94, 052010 (2016).
- [6] “First measurement of radioactive isotope production through cosmic-ray muon spallation in Super-Kamiokande IV”, The Super-Kamiokande Collaboration) Phys. Rev. D 93, 012004 (2016).

整理番号 A06