

令和 5 年度 (2023) 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：スーパーカミオカンデを用いた宇宙素粒子研究

英文：Astroparticle physics using the Super-Kamiokande detector

研究代表者 東京大学宇宙線研究所神岡宇宙素粒子研究施設・教授・中畑雅行

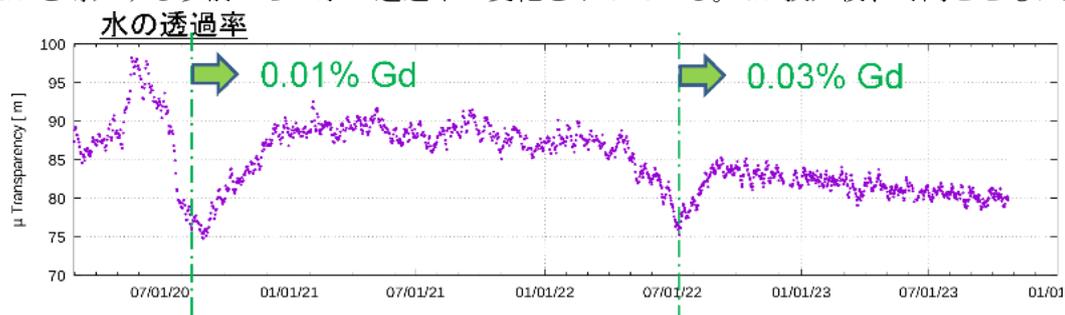
参加研究者 以下の大学・研究機関から総勢 241 名 (2024 年 1 月)

KEK、神戸大学、京都大学、岡山大学、東京大学、東京工業大学、名古屋大学、東海大学、宮城教育大学、岐阜大学、横浜国立大学、東京理科大学、静岡福祉大学、慶應大学、日本大学、大阪電気通信大学、ボストン大学、カリフォルニア州立大学、デューク大学、ストーンブルック大学、カリフォルニア大学アーバイン校/デービス校、ハワイ大学、ミネソタ大学、ソウル大学校、全南大学校、光州科学技術院、成均館大学、National Center for Nuclear Research、ワルシャワ大学、シレジア大、BC 工科大学、トライアンフ研究所、トロント大学、ウィニペグ大学、ブリティッシュコロンビア大学、清華大学、マドリード自治大学、インペリアル・カレッジ・ロンドン、キングスカレッジロンドン大学、リバプール大学、オックスフォード大学、シェフィールド大学、ラザフォード・アップルトン・ラボラトリー、ウォリック大学、グラスゴー大学、INFN パドバ大学、INFN ナポリ大学、INFN ローマ支部、INFN バリ支部、エコールポリテクニック、ベトナム IFIRSE

研究成果概要

本研究では、スーパーカミオカンデ (以下、SK) が観測する大気・太陽ニュートリノデータを用いて精密なニュートリノ振動研究をおこなうとともに、超新星ニュートリノの観測等を通して天体物理学の研究もおこなっている。また、陽子崩壊事象の探索をおこない、未知なる大統一理論の解明を目指す研究もおこなっている。

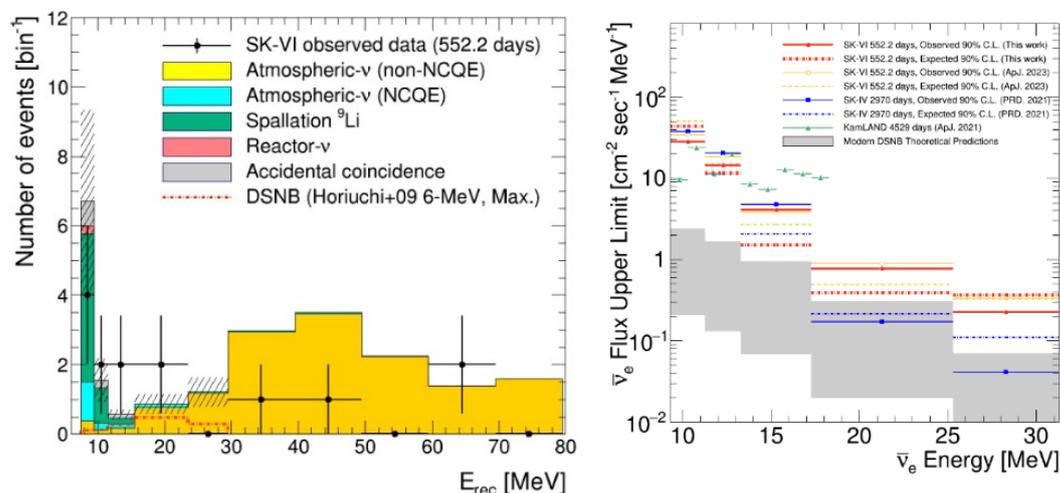
2020 年にガドリニウム (Gd) を始めてタンク水に導入し、2022 年 6~7 月に Gd の濃度を 0.01% から 0.03% に増加して以降、順調にデータ取得が進められている。下図は Gd を導入する以前からの水の透過率の変化を示している。Gd 投入後、時間とともに透



過率が徐々に悪くなる傾向が見えているが、最近でもまだ 80m 以上の透過率を有しており、データ解析には問題はない。(データ解析においては水の透過率を補正しているのでこの程度の変化はエネルギー補正が十分可能であり、また粒子識別、角度分解能等の基本的な性能には影響を与えるほどではない。)

Gd の導入により中性子の同時計測が高い効率でできるようになり、また同時計測により偶発的なバックグラウンドを落とすこともできるようになった。中性子同時計測を

使った研究の主要なテーマの一つが超新星背景ニュートリノ探索であるが、0.01%Gd濃度で取得した552日分のデータを使用して得られたエネルギースペクトルを下左図に示す。中性子同時計測により accidental background を減らし、10MeV程度まで解析の閾値を下げる事ができた。現状の統計量ではまだ有意な信号の超過は見られていない。



エネルギービンごとに強度の上限値を求めた図を上右図に示すが、17.3MeV以下のエネルギー帯においてはSK-IVの2970日分で得られた結果を凌駕する結果が得られている。中性子同時計測を利用した解析は10MeV以下のエネルギー領域についても行っており、原子炉起源のニュートリノの有意な信号も得られつつある。

最近の発表論文

- (1) “Search for Cosmic-Ray Boosted Sub-GeV Dark Matter Using Recoil Protons at Super-Kamiokande, The Super-Kamiokande Collaboration”, K. Abe et al. (The Super-Kamiokande Collaboration), Phys. Rev. Lett. 130, 031802 (2023), arXiv:2209.14968.
- (2) “Measurement of the cosmogenic neutron yield in Super-Kamiokande with gadolinium loaded water”, M. Shinoki et al. (The Super-Kamiokande Collaboration), Phys. Rev. D 107, 092009 (2023), arXiv:2212.10801.
- (3) “Search for astrophysical electron antineutrinos in Super-Kamiokande with 0.01wt% gadolinium-loaded water”, M. Harada et al. (The Super-Kamiokande Collaboration), The Astrophysical Journal Letters, 951:L27, arXiv:2305.05135.
- (4) “Measurement of the neutrino-oxygen neutral-current quasielastic cross section using atmospheric neutrinos in the SK-Gd experiment”, S. Sakai et al. (The Super-Kamiokande Collaboration), Phys. Rev. D 109, L011101(2024), arXiv:2311.03842.
- (5) “Atmospheric neutrino oscillation analysis with neutron tagging and an expanded fiducial volume in Super-Kamiokande I-V”, submitted to Phys. Rev. D, arXiv:2311.05105.
- (6) “Search for Periodic Time Variations of the Solar B8 Neutrino Flux Between 1996 and 2018 in Super-Kamiokande”, submitted to Phys. Rev. D, arXiv:2311.01159.
- (7) “Solar neutrino measurements using the full data period of Super-Kamiokande-IV”, submitted to Phys. Rev. D, arXiv: 2312.12907.

整理番号 A01