

## 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：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 176 名（本研究の申請時）

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、大阪大学、横浜国立大学、東京理科大学、福岡工業大学、静岡福祉大学、カリフォルニア大学アーバイン校/デービス校、ボストン大学、ストーニーブルック大学、デューク大学、ハワイ大学、カリフォルニア州立大学、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、トライアンプ研究所、ブリティッシュコロンビア大学、トロント大学、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、クィーンメリー大学、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、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

### 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。

2018年にはタンクの改修工事をおこなった。その後、2018年10月から給水を行い、2019年2月19年1月末にタンクが満水になり、それ以降、純水を用いてSK-Vのデータを取得してきた。2018年の改修工事後の純水給水では給水期間中でもタンク内の水をくみ上げて循環純化をおこなったため、SK-Vでは当初から良い透過率で質の良い物理データを取得することができた。

図1は大気ニュートリノ天頂角度分布であるが、sub-GeV, multi-GeVのe-like, mu-like事象について、SK-Vのデータ（赤）をSK-IV（青）と比較している。図の縦軸はlifetimeで規格化している。両者は統計誤差の範囲内で良く一致しており、タンク改修前と同質のデータが改修後も観測できていることが分かる。

2018年のタンク改修工事においては水の循環流量を120ト

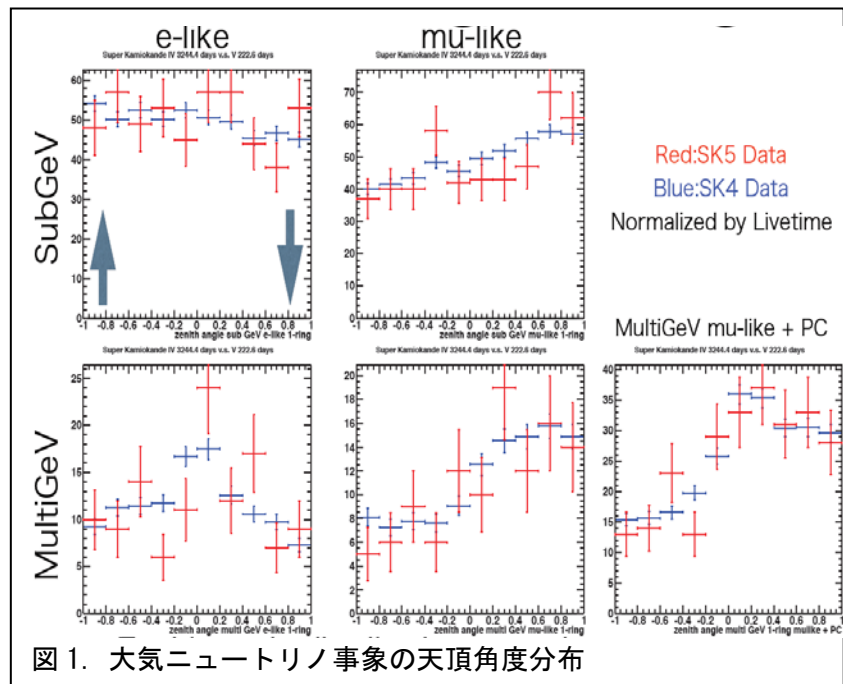


図1. 大気ニュートリノ事象の天頂角度分布

ン/時に上げられるように配管改造をおこなったが、その際に内水槽、外水槽、それらの底部、上部をそれぞれ別々に流量調整ができるようにした。2019年初頭から12月24日までは以前から使用してきた純水装置を使用して水を循環させてきたが、各所に送る水の流量を調整しながらなるべく内水槽内で対流が生じないようにした。対流が起きると光電子増倍管などから発生するラドンが有効体積部分に蔓延してしまうため、対流を抑えて層流にすれば水が有効体積部分に流れていく前にラドンを崩壊させることができるためである。そのようにしてSK-Vのデータを取得した結果、SK-IVに比べて低いレベルまでラドンを下げることができた。図2は太陽ニュートリノ解析プログラムを施した後の事象(ほとんどの事象はバックグラウンド)につ

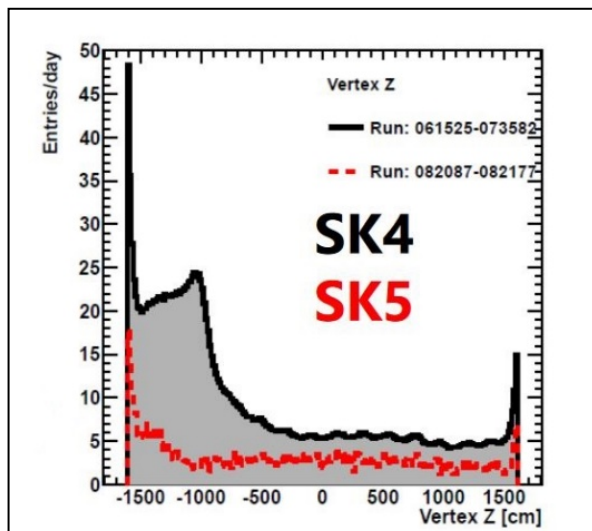


図2. 太陽ニュートリノ解析プログラムを施した後の事象について、事象発生点の鉛直場所分布

いて、事象発生点の鉛直場所分布を示す。SK-IVでは $Z=-10\text{m}$ ぐらいまでラドンが舞い上がっていたが、SK-Vでは低いレベルまでラドンの影響を下げる事ができた。これにより低エネルギー太陽ニュートリノ解析のための有効体積を広げることができそうである。

また、2019年には過去に取得したデータの解析も精力的に行い、改良した事象再構成プログラムを用いたSK-IVでの大気ニュートリノデータの再解析(文献(1))、超新星背景ニュートリノ観測のバックグラウンドとなるニュートリノと酸素原子核との中性カレント反応断面積を大気ニュートリノデータを使って測定(文献(2))、超新星爆発直前のシリコン燃焼から生じるニュートリノを観測する感度の研究(文献(3))、ブレーザー天体TXS0506+056と相関を持ったニュートリノ事象の探索(文献(4))を論文として発表した。

#### 最近の発表論文

- (1) Atmospheric Neutrino Oscillation Analysis With Improved Event Reconstruction in Super-Kamiokande IV, M. Jiang et al. (Super-Kamiokande Collaboration), Prog. Theor. Exp. Phys. 2019, 053F01, arXiv: 1901.03230.
- (2) Measurement of the neutrino-oxygen neutral-current quasielastic cross section using atmospheric neutrinos at Super-Kamiokande, L. Wan et al. (Super-Kamiokande Collaboration), Phys. Rev. D 99, 032005 (2019), arXiv: 1901.05281
- (3) Sensitivity of Super-Kamiokande with Gadolinium to Low Energy Antineutrinos from Pre-supernova Emission, C. Simpson et al. (The Super-Kamiokande Collaboration), Astrophys. J. 885, 2 (2019), arXiv: 1908.07551
- (4) Search for Astronomical Neutrinos from Blazar TXS0506+056 in Super-Kamiokande, K. Hagiwara et al. (The Super-Kamiokande Collaboration), arXiv: 1910.07680.
- (5) 「Super-Kamiokandeによる天体ニュートリノ観測」、中畑雅行、RADIOISOTOPES, 68, 893-906(2019)