

平成 30 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：超新星背景ニュートリノの研究

英文：Study of Supernova Relic Neutrinos

研究代表者 岡山大学自然科学研究科（理）小汐由介

参加研究者 岡山大学・作田誠、伊藤慎太郎、徐辰原、萩原開人、高平康史、原田将之、蓬萊明日、東大宇宙線研・中畑雅行、岸本康宏、関谷洋之、竹田敦、池田一得、Lluís Marti、矢野孝臣、大阪大学・久野良孝、宮城教育大学・福田善之、神戸大学・竹内康雄、鈴木州、東京大学数物連携宇宙研究機構・Mark Vagins、Mathew Muroch, Charles Simpson, Alexandar Goldsack, Univ. Autonoma Madrid・Luis Labarga, David Bravo, Univ・California Irvine・Hank Sobel、Michael Smy, Shunichi Mine, William Cropp、Jeff Griskevich、Volodymyr Takhistov、Pierce Weatherly、Scott Locke、清華大学・Shaomin Chen、Linyan Wan

研究成果概要

研究目的：太陽の 8 倍以上の質量を持つ恒星はその一生の最後に超新星爆発を起こす。その際、爆発の 99% 以上のエネルギーはニュートリノによって宇宙空間にばらまかれる。1987 年 2 月に人類史上初めてそのニュートリノが検出された。宇宙に最初の星ができて以来、超新星爆発は約 1 秒に 1 回の頻度で絶えず起きており、その都度ニュートリノや重元素物質が宇宙にまき散らされている。このことは現在の宇宙には超新星爆発背景ニュートリノ (Supernova Relic Neutrinos, SRN) が大量に存在することを示唆している。一方、ニュートリノは超新星の芯から外に直接出ることができる唯一の素粒子であるので、超新星爆発のメカニズムや中性子星・ブラックホール形成過程を「見る」唯一の手段であると期待されている。本研究は超新星ニュートリノの観測を目的とする。

研究方法：この研究を従来のスーパーカミオカンデ実験 (SK) で行うと同時に、200 トンタンクを使った硫酸ガドリニウム入り水チェレンコフ装置を使った実証実験を行い、SK にガドリニウムを溶かす実験計画 (SK-Gd 実験) に繋げる。ガドリニウムは反電子ニュートリノと水中の陽子との反応により発生する中性子の検出感度が高く、ガドリニウムの SK への導入により SRN 信号と雑音事象との識別能力が飛躍的に高まる。本研究では、SK-Gd 実験で世界初の SRN の観測を目指す。

H30 年度の研究成果：2018 年 5 月 31 日より SK-Gd 実験に向けた SK の改修工事を開始した。SK タンクの水漏れ対策、水循環システムの構築および配管、故障した光電子増倍管の交換作業が主な目的である。(図 1) 作業は予定通り終了し、2019 年 1 月 29 日より SK でのデータ取得を再開した。1 日あたり 3 トンあった水漏れが、作業後は測定限界内で漏れは観測されなかった。(図 2) この結果は、水漏れが作業前より少なくとも 1/200 以下に抑えられていることを意味する。水漏れ量が目標値をクリアしたことから、来年度以降の SK へのガドリニウム導入につなげられることになった。また改修前の SK での超新星背景ニュートリノの探索も行なっている。特に雑音事象として重要な大気ニュートリノ起源の中性カレント反応信号を、実際に SK の大気ニュートリノ事象を使って解析を行なった。世界で初めて大気ニュートリノ起源の反応による信号を観測し、論文 [2] として報告した。以上の成果を国内外での様々な会議で報告した。

整理番号 A09

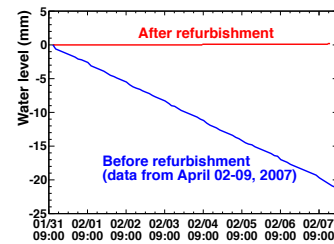
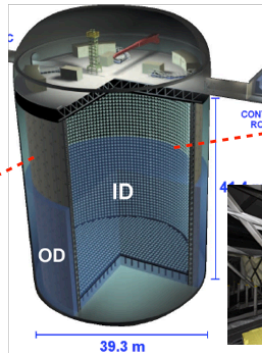


図 2 : 作業前 (青) と作業後 (赤) の水位変化。作業後は水位が変動していないことを示している。

図 1 : (左) 水漏れ止水作業。タンク外壁の溶接部分を止水材で塞ぐ。(右上) 故障した光電子増倍管の取替作業。(右下) 配管作業。

発表論文 :

- [1] G. Pronost et al., Development of new radon monitoring system in the Kamioka mine. Prog. Theor. Exp. Phys. 093H01, 43 (2018)
- [2] L. Wan et al. (Super-K Collab.) Measurement of the neutrino-oxygen neutral-current quasielastic cross section using atmospheric neutrino at Super-Kamiokande, Phys. Rev. D99, 032005, (2019)

国際会議発表 (H30年度) 21件

- (1) XVIII International Workshop on Neutrino Telescopes, Venice, Italy, March 18-22, 2019, Y. Koshio, Super-Kamiokande
- (2) Revealing the History of the Universe with Underground Particle and Nuclear Research, Sendai, Japan, March 9, 2019, M. Vagins, Preparing for a Gd-loaded Super-K
- (3) NuPhys2018, London, UK, Dec. 19-21, 2018, Supernova neutrino detections and Super-Kamiokande
- (4) GW Genesis 2nd Annual Symposium, Kyoto, Japan, Nov. 27, 2018, M. Vagins, CO2: Investigation of Supernova Mechanism via Neutrinos
- (5) NNN18, Vancouver, Canada, Nov. 1-3, 2018, M. Nakahata, NNN2018 Summary
- (6) SNeGWv18, Toyama, Japan, Oct. 8, 2018, M. Vagins, Supernova Neutrinos in a Gd-loaded Super-Kamiokande
- (7) TMEX 2018 WCP, Warsaw, Poland, Sep. 19-21, 2018, Y. Nakano, SK / SK-Gd water system
- (8) TMEX 2018 WCP, Warsaw, Poland, Sep. 19-21, 2018, L. Labarga, Radioactive Contaminations in Precision WC Physics; the SuperK-Gd case
- (9) The Physics of Supernova Neutrinos, Sussex, UK, Sep. 17, 2018, C. Simpson, Pre-Supernova Neutrinos at Super-K with Gadolinium
- (10) NuFrontier2018, Qui Nhon, Vietnam, July 14-20, 2018, G. Pronost, Current status and upgrade of the Super-Kamiokande experiment
- (11) ICHEP2018, Seoul, Korea, July 4-11, 2018, C. Simpson, Physics Potential of SK-Gd
- (12) Workshop on core-collapse supernova neutrino detection, Paris, France, July 4, 2018, Y. Koshio, CCSN neutrino detection with Super-Kamiokande and Hyper-Kamiokande
- (13) Core-collapse Supernovae in the Multi-messenger Era, L'Aquila, Italy, July 3, 2018, M. Vagins, Supernova Neutrinos in Water Cherenkov Detectors: Super-Kamiokande and the Next Steps
- (14) Neutrino 2018, Heidelberg, Germany, June 4-9, 2018, M. Ikeda, Solar neutrino measurements with Super-Kamiokande
- (15) Heavy Quarks and Leptons 2018, Yamagata, Japan, May 27-June 1, 2018, S. Ito, Current status and future prospect of Super-Kamiokande
- (16) CIPANP18, Indian Wells, California, USA, May 29, 2018, M. Vagins, The Myriad Wonders and Challenges of Gadolinium Loading in WC Detectors (他 5 件)

国内会議発表

- (17) 日本物理学会、九州大学、2019年3月14-17日、3件
- (18) 日本物理学会、信州大学、2018年9月14-17日、4件

整理番号 A09