

## 平成24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<br>英文：Study of Supernova Relic Neutrinos   |
| 研究代表者  | 岡山大学自然科学研究科(理)・教授 作田 誠   |
| 参加研究者  | 東大宇宙線研・中畑雅行(教授)、岸本康宏(准教授)、小汐由介(助教)、竹田敦(助教)、関谷洋之(助教)、Lluís Marti(研究員)、横澤孝章(D3)、中野祐樹(M2)；岡山大学・作田 誠(教授)、石野宏和(准教授)、樹林敦子(研究員)、矢野孝臣(研究員)、森俊彰(D2)、山口竜太(M2)；大阪大学・久野良孝(教授)；宮城教育大学・福田善之(教授)；神戸大学・竹内康雄(教授)、鈴木州(助教)；東京大学数物連携宇宙研究機構・Mark Vagins(教授)；Univ. Autònoma Madrid・Luis Labarga(教授)；Univ. California, Irvine, Michael Smy(研究員), Andrew Renshaw(博士課程学生), Giada Carminati(研究員)；清華大学・S. Chen(教授)  |
| 研究成果概要 | <p><b>研究目的</b>：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。爆発の99%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、そのつど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。このことはつまり、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。我々は何時銀河系で起きるかも知れない超新星爆発に準備すると共に、観測できる寸前になっている超新星背景ニュートリノSRNを検出することを目指す。</p> <p><b>研究方法</b>：この研究を従来のスーパーカミオカンデ実験で行うと同時に、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開発を行い、将来において反電子ニュートリノの史上最高感度観測を目指し、SRNの発見を目指す。この計画で中性子に感度のある大型水チェレンコフ検出器が機能することが実証できれば、SRNのみならず、将来のSK実験や大型ニュートリノ実験に大きな改良をもたらす。ペテルギウスなどの超近傍の超新星が起これば200トン検出器でも十分なニュートリノ事象が得られうる。</p> <p><b>H24年度の研究成果</b>：</p> <ol style="list-style-type: none"><li>SK-I, II, IIIの超新星背景ニュートリノの解析結果が論文として公表された。バックグラウンドの再評価により、前論文よりも理解が大きく進んだ。(SRN流量<math>&lt;2.9(1/\text{cm}^2/\text{sec})</math> for <math>E&gt;16\text{MeV}@90\%C.L.</math>) 検出まであと1ヶ月以内に迫る世界最高の感度を得た。(図1および、成果論文1)</li><li>SK-IV データ解析では、新読み出し回路の特徴を生かした中性子の陽子捕獲2.2MeVガンマ線同定による反電子ニュートリノ解析が最終段階にあり、H25年度中に論文を投稿予定である。図2は、SK-IVにAm/Be中性子線源を投入して、2.2MeVガンマ線を測定し、検出効率<math>19.0\pm 0.2\%</math>、中性子捕獲の寿命が<math>201.8\pm 4.7\mu\text{s}</math>であることを示す図である。</li><li>200トン装置(EGADS)の開発を進めている。15トンバッファタンクおよび循環装置を使ってGd0.1%混入後の水質測定を行なった結果、残存検出光量としてSKの純水の透過度に対して<math>86.2\pm 1.8\%</math>に相当する水質を得た(図3)。H25年初めより200トンタンクでの循環運転を開始し、2月16日にはGdを水に溶かし始めた。この図4は循環装置での透過度測定モニター(UDEAL)から、チェレンコフ光が15m透過後に残る割合を図にしたものである(H25年3月26日の日本物理学会での森俊彰の発表から)。H25年度6月にPMT設置開始、その後Gd水循環運転を行い、中性子検出実証実験の予定である。</li></ol> |

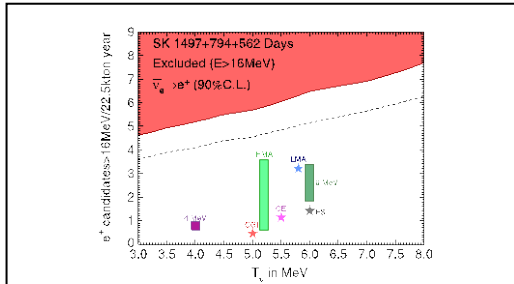


図 1: SK-I-III データによる SRN 流量への制限(橙色)と種々なモデル計算。横軸はニュートリノ平衡温度。論文 1。

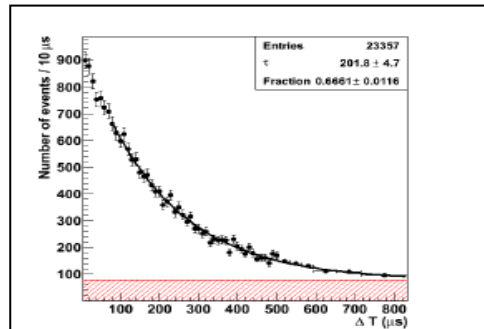


図 2: SK-IV での新回路を使った 2.2MeV γ 線による中性子検出の進展。図はトリガーと 2.2MeV ガンマ線との時間差(μ秒)分布を示す。

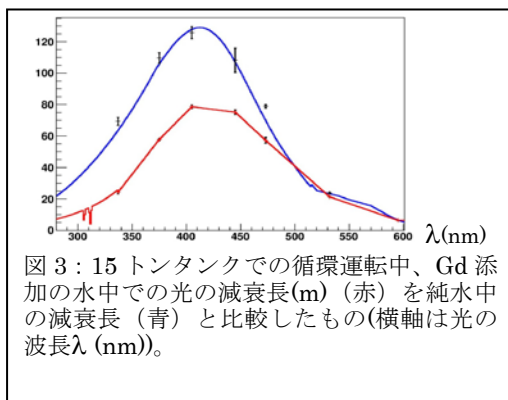


図 3: 15 トンタンクでの循環運転中、Gd 添加の水中での光の減衰長(m) (赤)を純水中の減衰長(青)と比較したもの(横軸は光の波長λ (nm))。

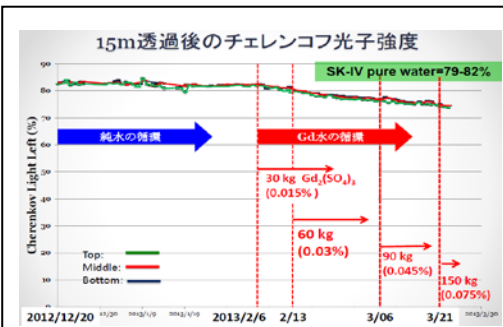


図 4: 200 トンタンクでの純水及び Gd 入り水循環運転と透過度。横軸は日(days)。H25 年 2 月 6 日より Gd 溶解が始まった。

**これまでの発表論文:**

- (1) K.Bays et al.(Super-K Collab), Supernova Relic Neutrino Search at Super-Kamiokande, *Phys. Rev.* **D85**,052007-1-15(2012).
- (2) A.Ankowski,O.Benhar,T.Mori,R.Yamaguchi and M.Sakuda, Analysis of gamma-ray production in NC neutrino-oxygen interactions above 200 MeV,*Phys. Rev. Lett.***108**, 052505-1-4 (2012).
- (3) H. Watanabe et al. (Super-K Collab.), First Study of Neutron Tagging with a Water Cherenkov Detector., *Astroparticle Physics* **31**, 320-328,(2009).

**国際会議発表 (H24年度) 4名,**

- 1) T.Mori, "Status of Super-Kamiokande gadolinium project", 13th Vienna Conference on Instrumentation (VCI2013), 11th -15th February 2013, to be published in Nucl.Instrum.Meth.A.
- 2) Lluís Martí, EGADS towards GADZOOKS!, Workshop on Next Generation Nucleon Decay and Neutrino Detectors (NNN2012), Fermi Lab., Chicago, USA, October 4-6, 2012.
- 3) Takatomi Yano, Status of the Gadolinium project for Super-Kamiokande, 36th International Conference on High Energy Physics (ICHEP2012), Melbourne, Australia, July 5, 2012.
- 4) Andrew Renshaw, Evaluating Gadolinium's Action on Detector Systems (EGADS), The XXV International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics, (Neutrino2012), Kyoto, Japan June 3-9, 2012.

**その他、国内学会発表 (物理学会等) 8 名**

整理番号