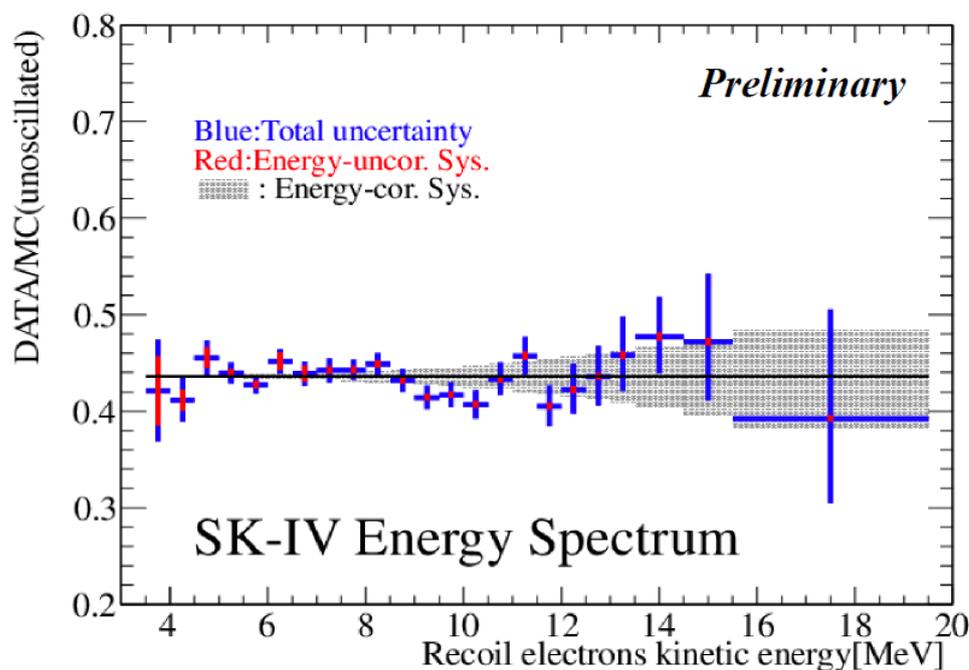


平成29年度共同利用研究・研究成果報告書

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：Energy spectrum measurement of solar neutrinos in Super-Kamiokande
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	宇宙線研：准教授・岸本康宏、関谷洋之、助教・池田一得、特任助教・L. Marti、加藤陽、特任研究員・Guillaume Pronost、博士課程・織井安里、神戸大・教授・竹内康雄、特命助教・矢野孝臣、学術研究員・中野祐樹、博士課程・長谷川誠、修士課程・阿部圭悟、宮城教育大：教授・福田善之、東海大学：教授・西嶋恭司、修士課程・伊藤恭平、University of California, Irvine：H. W. Sobel, W. R. Kropp, S. Mine, M. B. Smy, Muhammad Elnimr, P. Weatherly, V. Takhistov, Scott Locke, J. Griskevich, 東京大学 Kavli IPMU:特任教授・鈴木洋一郎、M. R. Vagins, 特任研究員・Matthew Murdoch, 博士課程・Charles Henry Simpson, INFN・Research Scientist・Maria-Gabriella Catanesi, Emilio Radicioni, Gianfranca De Rosa, Gianmaria Collazuol, Ajmi Ali, Lucio Ludovici
研究成果概要	<p>本研究ではスーパーカミオカンデを用いて太陽ニュートリノの精密測定を行っている。スーパーカミオカンデでは${}^8\text{B}$の崩壊に伴うエネルギーの高い太陽ニュートリノを捉えている。スーパーカミオカンデが捉えたニュートリノの強度は標準的な太陽モデルから予想される強度の約40%しかなく、その原因はニュートリノが太陽から地球に飛んでくる間に元々の電子ニュートリノから他のニュートリノ（ミューニュートリノやタウニュートリノ）に変わってしまうからだということがわかっている。この「ニュートリノ振動」とよばれる現象を詳しく調べるためには太陽ニュートリノのエネルギースペクトルを詳しく調べ、エネルギーと共に振動の確率が変化すること（スペクトル歪み）を確認する必要がある。もし、その歪みが期待通りでない場合には、太陽モデルの変更やニュートリノ振動の新たな発見へとつながる可能性がある。そのため本研究では精密なエネルギースペクトル観測を行っている。</p> <p>スーパーカミオカンデは2008年10月よりSK-IVのフェーズでデータを取り続けており、本年は2017年12月までに取得した2860日分のデータを解析した。観測期間は10年近くにわたり、この期間に光電子増倍管のゲインが13%程度増加した。太陽ニュートリノ解析においては各増倍管の信号は1光電子レベルであり、約0.3光電子レベルの閾値を超えた増倍管の本数によって基本的にはエネルギーを測定しているため、13%のゲイン増加がそのまま影響するわけではないが、0.5%以下の変化も解析に影響する太陽ニュートリノ解析では無視できない状況になってきた。そこでゲイン変化を考慮したエネルギー測定方法を開発するとともに、モンテカルロシミュレーションでもゲインの変化を考慮するようにした。これらの手法が正しいかをDTジェネレーターを用いたN16線源によるキャリブレーション、LINACによる電子ビームによるキャリブレーション、Ni(n, gamma)Ni線源、宇宙線ミュオン崩壊電子を用いて確認した。2860日間に観測された太陽ニュートリノイベント数は$55,729 +363/-361$ (stat.)であった。これらのイベントを使って求めた太陽ニュートリノ強度は2.29 ± 0.02 (stat.) ± 0.04 (sys.) /cm^2/secであった。こうして測定した太陽ニュートリノスペクトルを次ページに示す。横軸は電子のエネルギー（SKでは電子散乱をもちいて太陽ニュートリノを観測しており散乱電子のエネルギー）、縦軸はモンテカルロシミュレーションで規格化したエネルギースペクトルである。誤差付きのデータ点が観測結果であり、青が全誤差、赤がエネルギービンごとに独立な誤差をあらわ</p>

す。グレーのバンドは全エネルギービンに 관련된誤差をあらわす。このように観測されたエネルギースペクトルはほとんどフラットであり、有意な歪みは見えていない。現在、この結果をもとにニュートリノ振動解析を更新している。



最近の発表論文（国内外での学会における発表を含む）

- (1) “Astrophysical neutrinos at Super-Kamiokande”, Y. Takeuchi, The 26th International Workshop on Weak Interactions and Neutrinos (WIN2017), June 19-24, 2017, California, Irvine, USA.
- (2) “Solar neutrinos with SuperKamiokande”, Y. Takeuchi, 13th Rencontres du Vietnam, July 16-22, Quy Nhon, Vietnam.
- (3) “Recent Solar neutrino Results from Super-Kamiokande”, Y. Nakano, The 15th International Conference on “Topics in Astroparticle and Underground Physics” TAUP 2017, July 24-28, 2017, Sudbury, Canada.
- (4) “Status and perspectives of solar neutrino research at Super Kamiokande”, M. Smy, Conference on neutrinos and Nuclear Physics (CNNP2017), Oct. 15-21, 2017, Catania, Italy.
- (5) “Solar neutrino measurements at Super-Kamiokande”, Y. Nakajima, 18th International Workshop on Next Generation Nucleon Decay and Neutrino Detectors (NN2017), Oct. 26-28, 2017, Warwick, UK.
- (6) 「スーパーカミオカンデ検出器における太陽ニュートリノ解析の最新結果」、長谷川誠, 他Super-Kamiokande Collaboration, 2017年9月12日、日本物理学会2017年秋季大会、宇都宮大学。
- (7) 「スーパーカミオカンデ実験における太陽ニュートリノ解析の現状報告」、長谷川誠, 他Super-Kamiokande Collaboration, 2018年3月22日、日本物理学会第73回年次大会(2018年)、東京理科大学。

整理番号 A05