

平成 26 年度共同利用研究・研究成果報告書

| | |
|--------|--|
| 研究課題名 | 和文：東海 to 神岡長基線ニュートリノ実験 T 2 K 英文：Tokai to Kamioka Long Baseline Experiment T2K |
| 研究代表者 | 小林隆（高エネルギー加速器研究機構）／ 中家剛（京都大学） |
| 参加研究者 | 参加研究者 東京大学宇宙線研究所： 安部航，芳賀侑斗，早戸良成，池田一得，五代儀一樹， 亀田純，三浦真，森山茂栄，中畑雅行，中山祥英，関谷洋之，塩澤真人，鈴木洋一郎， 竹田敦，田中秀和，戸村友宣，Roger Wendel, Richard Euan, Tristan Irvine, 梶田隆章，亀谷功，西村康宏，奥村公宏 高エネルギー加速器研究機構： Megan Friend, 藤井芳昭，長谷川琢哉，石田卓， 石井孝信，岩井瑛人，小林隆，丸山和純，中平武，中村健蔵，仲吉一男，西川公一郎， 太田良助，大山雄一，坂下健，関口哲郎，多田将，田中真伸，塚本敏文，山田善一， Laura Zambelli 京都大学： 中家剛，市川温子，南野彰宏，中村輝石，久保一，Nikul Patel, Son van Cao, 木河達也，鈴木研人，黄坤賢，平木貴宏，廣田誠子，石山優貴，仲村佳悟，林野竜也， 吉田健人，江森，近藤圭祐，羽田 颯人，潘晟，山本実加，柳田沙緒里 (他 計 477 名) |
| 研究成果概要 | <p>東海-神岡間長基線ニュートリノ振動実験 (T2K) は、茨城県東海村の大強度陽子加速器施設 J-PARC で生成したニュートリノビームを 295 km はなれたスーパーカミオカンデ (SK) に向かって打ち込み、電子型ニュートリノ (ν_e) 出現現象の発見やミュー型ニュートリノ (ν_μ) 欠損現象の精密測定によってニュートリノ振動の全容を解明する実験である。平成 25 (2013) 年にはそれまで未発見であった ν_μ から ν_e への出現現象を観測することに世界で初めて成功、レプトンにおける「CP 対称性の破れ」の観測への扉をひらいた。</p> <p>これまでのところ CP 対称性の破れはクォークでしかみつかっておらず、その発見・研究に対して 1980 年と 2008 年にノーベル物理学賞が授与されている。現在観測される我々の宇宙には物質のみが存在しており有意な量の反物質は見つかっていない。この事実は今日の自然科学における最も深淵な謎の一つであるが、ビッグバンにより創生された宇宙の最初期でのレプトン CP 対称性の破れがその原因となった、という可能性が指摘されている。レプトン CP 対称性の破れは、T2K 実験では ν_μ から ν_e への出現確率と、反ニュートリノ (ニュートリノの反粒子) における 反 ν_μ から反 ν_e への出現確率との違いとして観測することが出来る。</p> <p>T2K 実験ではレプトン CP 対称性の破れの観測に向けた指標を得るために、平成 26 (2014) 年 6 月より反ニュートリノを生成するモードでの運転を開始、データ取得を継続している。2014 年 12 月にはビーム強度 265kW での連続運転を達成、この間 2014 年末</p> |

までに反ニュートリノ生成モード運転中に SK で 40 事象を観測。さらに平成 27 (2015) 年 2 月にはビーム強度 320kW での連続運転を達成した。これはビームパルスあたりに約 170 兆個もの陽子がメインリング加速から取り出されてニュートリノを生成する標的に打ち込まれていることに相当し、シンクロトロン加速器から取り出されたパルスあたり陽子数として世界最高記録である。3 月 26 日には、2010 年 1 月に T2K 実験のデータ取得を開始して以来、ニュートリノ実験施設で標的に打ち込んだ陽子数が 10^{21} 個 (1 兆個の 10 億倍) を超えた。T2K 実験の設計ビーム強度は 750kW、標的に打ち込む陽子数の最終的な目標は 7.8×10^{21} 個であり、今後もさらなるビーム強度の増強と安定したデータ取得の継続が求められている。

物理解析では、2013 年の夏までに得られたデータを用い、 ν_{μ} 欠損現象を解析することでニュートリノ振動パラメータ θ_{23} に関する最も厳しい制限を得ることに成功。さらに ν_e 出現現象と ν_{μ} 欠損現象を同時に解析して原子炉反電子ニュートリノ観測実験による結果とあわせることで、限られた感度ながら CP 対称性が最大限に破れている可能性を示した^[1]。J-PARC に設置されたニュートリノ前置検出器によるニュートリノ・原子核相互作用精密測定についての論文を出版^[2,3,4]、また将来実験感度に関する検討を出版した^[5]。

平成 25 (2013) 年の「電子ニュートリノ出現事象の発見」の成果に対して、小林隆氏 (KEK) と中家剛氏 (京都大) が 2014 年度仁科記念賞を受賞^[6]、さらに小林氏、塩澤真人氏 (東大宇宙線研)、中家氏が第 6 回戸塚洋二賞^[7]を受賞した。

[1]: K.Abe *et al.* (T2K Collaboration), Measurements of neutrino oscillation in appearance and disappearance channels by the T2K experiment with $6.6E20$ protons on target, Submitted to *Phys. Rev. D*, arXiv:1502.01550.

[2]: K. Abe *et al.* (T2K Collaboration), Measurement of the inclusive ν_{μ} charged current cross section on iron and hydrocarbon in the T2K on-axis neutrino beam, *Phys. Rev. D***90**, 052010 (2014).

[3] K. Abe *et al.* (T2K Collaboration), Measurement of the Inclusive Electron Neutrino Charged Current Cross Section on Carbon with the T2K Near Detector, *Phys. Rev. D***90**, 072012 (2014).

[4] K. Abe *et al.* (T2K Collaboration), Measurement of the neutrino-oxygen neutral-current interaction cross section by observing nuclear deexcitation γ rays, *Phys. Rev. Lett.* **113**, 241803 (2014).

[5] K. Abe *et al.* (T2K Collaboration), Neutrino Oscillation Physics Potential of the T2K Experiment, *Prog. Theor. Exp. Phys.* (2015) 043C01

[6] 仁科記念財団 仁科記念賞 : <http://www.nishina-mf.or.jp/prize.html>

[7] 平成基礎科学財団 戸塚洋二賞 : <http://www.hfbs.or.jp/orito-totsuka-prize-index.html>