

平成25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 T2K 英文：Tokai to Kamioka Long Baseline Experiment T2K
研究代表者	小林 隆
参加研究者	高エネルギー加速器研究機構： 小林隆、長谷川琢哉、藤井芳昭、石井孝信 小関国夫、鈴木聡、田中真伸、塚本敏文、中平武、丸山和純、山田善一、石田卓 大山雄一、坂下健、関口哲郎、多田将、仲吉一男、太田良助、西川公一郎 Megan Friend、中村健蔵 東京大学宇宙線研究所： 鈴木洋一郎、中畑雅行、塩澤真人、森山茂栄、早戸良成 安部航、Roger Wendel、亀田純、小汐由介、関谷洋之、竹田敦、三浦真、田中秀和 戸村友宣、中山祥英、五代儀一樹、芳賀侑斗、上野 昂、梶田隆章、奥村公宏 西村 康宏、Tristan James Irvine、Thomas .McLachlan、Ka Pik Lee、亀谷功 (他 計 634 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。設計ビーム強度750kW×15,000時間相当のデータを取得して、それまでの実験で得られていた$\sin^2 2\theta_{13}$の上限値に対して一桁以上小さい値までν_e出現現象を探索、またν_μ消失における振動パラメータ$\sin^2 2\theta_{23} \cdot \Delta m_{23}^2$をそれぞれ1%、3%の精度で測定することを目指している。</p> <p>平成25(2013)年7月、T2K実験は世界に先駆けてν_e出現現象の存在を明らかにすることに成功した^[1]。T2K実験ではこれまで平成23(2011)年3月のRUN2までのデータに基づきν_e出現現象の兆候を捉えたことを世界に先駆けて報告、さらに平成24(2012)年のRUN3までのデータによる解析で3.1σの有意性でν_e出現現象の証拠を得たことを発表していた^[2]。平成25(2013)年のRUN4までの期間でデータ量が倍増したことに加え、SKでの観測における大きなバックラウンドとなっていた中性カレントπ^0生成事象を除去する新たな解析手法を開発した事などによって系統誤差が減少した結果、ν_e出現現象の有意性は7σ以上(観測が偶然に起こる確率は1兆分の1以下)となり、その存在が揺るぎのない事実として観測・確認されることに繋がった。この成果が7月19日に欧州で開催されたEPS-HEPで公開された直後から大きなニュースとなり、NHKをはじめとするメディアで多数の報道がなされた。</p> <p>ν_e出現現象観測の成果は、当初目標の8%程度の積分ビーム陽子照射数を蓄積した段階で得られた。これはθ_{13}の値が当初の予想以上に大きかったためであり、今後、T2K実験のような陽子ビームと電磁ホーン電磁石を用いた従来型のニュートリノビームを用いた実験によってニュートリノを含むレプトンにおける「CP対称性」の破れが観測できるという期待が一気に高まった。レプトンのCP対称性の破れは私たちの住む宇宙が物質に満たされており、有意に反物質が存在しないという事実に関与して</p>

いる可能性がある。実際、T2K実験では今回の ν_e 出現事象の観測結果と原子炉反電子ニュートリノ欠損実験による $\sin^2 2\theta_{13}$ の結果などとあわせて評価することで、CP位相に対して初めて90%信頼度での制限をつけることにも成功した。今後、当初目標の積分陽子数を早期に蓄積し、レプトンCP対称性の破れの研究を進展させることが世界の学界から強く望まれている。

ν_μ 欠損現象の解析については、RUN3までのデータ解析によって、MINOS実験やSKの大気ニュートリノ観測による結果に比肩するより精度のよい制限が得られ、結果がPhysical Review Letters誌に掲載された^[3]。RUN4までのデータを含む解析において、近々 ($\sin^2 2\theta_{23} \cdot \Delta m_{23}^2$) に対する世界最高精度での観測結果を報告する。

J-PARCニュートリノビーム生成施設では平成22(2010)年1月からT2K実験のためのニュートリノビーム生成運転が開始され、以降、ニュートリノビーム供給運転と平行してビーム強度を増強する努力を続けた結果、平成25(2013)年5月のRUN4までに、最大235kW(繰り返し周期2.48秒)、 6.6×10^{20} 個の積分陽子数を蓄積した。これは平成24(2012)年のRUN3までの積分陽子数の倍以上に相当する。また1パルス当たりの陽子数 1.2×10^{14} 個以上は、シンクロトロンにより加速・取り出された陽子数の世界記録である。J-PARCニュートリノビームグループは「世界最高強度ニュートリノビーム施設の実現による電子ニュートリノ出現現象発見への貢献」が評価され、平成25年度の高エネルギー加速器科学研究奨励会 諏訪賞を受賞した。諏訪賞は加速器科学の発展に資することを目的に高エネルギー加速器ならびに加速器利用に関する実験装置の研究において、特に優れた業績を修めた研究者・技術者に授与される4つの褒賞の内の一つである。

- **[1] Observation of Electron Neutrino Appearance in a Muon Neutrino Beam**
K. Abe *et al.* (T2K Collaboration), Phys. Rev. Lett. 112, 061802 (2014) [8 pages].
- **[2] Measurement of Neutrino Oscillation Parameters from Muon Neutrino Disappearance with an Off-Axis Beam**
K. Abe *et al.* (T2K Collaboration), Phys. Rev. Lett. 111, 211803 (2013) [7 pages]
- **[3] Evidence of electron neutrino appearance in a muon neutrino beam**
K. Abe *et al.* (T2K Collaboration), Phys. Rev. D 88, 032002 (2013) [41 pages].
- **[4] Measurement of the inclusive ν_μ charged current cross section on carbon in the near detector of the T2K experiment**
K. Abe *et al.* (T2K Collaboration), Phys. Rev. D 87, 092003 (2013) [20 pages]
- **[5] Optical transition radiation monitor for the T2K experiment**
S. Bhadra *et al.*, Nucl. Instrum. Meth. A 703, 45-48 (2013).