

2020 (令和二) 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 市川 温子

参加研究者 カナダ、フランス、ドイツ、イタリア、日本、ポーランド、ロシア、スペイン、スイス、イギリス、アメリカ、ベトナムからの約 500 名による共同研究。日本からは、大阪市立大学、岡山大学、慶應義塾大学、京都大学、高エネルギー加速器研究機構、神戸大学、東京大学、東京大学宇宙線研究所、東京大学カブリ IPMU、東京工業大学、東京都立大学、東京理科大学、東北大学、宮城教育大学、横浜国立大学が参加している。

研究成果概要

東海 to 神岡 (T2K) 長基線ニュートリノ実験は、茨城県東海村の J-PARC で生成したミューニュートリノビームを、岐阜県飛騨市神岡町にあるスーパーカミオカンデに打ち込み、ニュートリノ振動の性質を調べる実験である。ミューニュートリノの消失事象による混合角 θ_{23} と質量二乗差 Δm^2_{32} の精密測定、さらに本実験によって 2013 年に発見された電子ニュートリノ出現事象を加えての CP 対称性の破れの探索 (CP 位相の測定) が主な研究目的である。昨年度の報告以降の 2019 年 11 月から 2 月にかけて、ニュートリノビームモードで Run 10 のデータ取得を行い、ニュートリノビームモードの統計量を 1.3 倍にした。これまでに 3.60×10^{21} POT (proton on target, ニュートリノ生成標的への累積陽子照射数) のデータを取得し、また最大ビーム強度は 515 kW に到達した。2021 年 3 月からは SK-Gd 後初のデータ取得を予定している。

2020 年 4 月には、Run 9 までの測定結果をまとめた論文を Nature で公表した [1]。電子ニュートリノ出現事象の観測数はニュートリノモードで 90 事象、反ニュートリノモードで 15 事象であり、CP 位相が -90 度の場合の予測観測数 (それぞれ 82 事象と 17 事象) に近く、CP 位相が 90 度の場合の予測観測数 (それぞれ 56 事象と 22 事象) と大きく異なった。これにより、CP 位相に世界で初めて 99.7% (3 シグマ) 信頼度での制限を与え、そのとりうる値の範囲の半分近くを排除することに成功した。得られた結果は、CP 対称性が破れている可能性をこれまでと同様の 95% 信頼度で示唆した。なお本論文は、掲載号の Nature 表紙や同誌の選ぶ 10 remarkable discoveries from 2020 に選ばれるなど大きな反響があった。2020 年 7 月には、Run 10 のデータを解析に追加するとともに、ニュートリノフラックスとニュートリノ反応モデルを改善した暫定結果を国際会

議で報告した。

今後、現在の T2K 実験の大きな目標である CP 対称性の破れの検証を進めるには、測定精度をこれまで以上に高める必要がある。そのため、測定期間を 2026 年まで延長するとともにニュートリノ生成量をこれまでの 2.6 倍に増強して統計誤差を削減する、また前置検出器を改良して系統誤差を削減する T2K-II 実験計画が進行中である。J-PARC PAC において Stage-1 が認められた 2016 年から技術設計書などの準備を進め、2020 年 7 月に行われた PAC で Stage-2 が承認された。現在は J-PARC MR の長期停止期間中 (2021~2022 年) に更新される機器の準備を行っている。また、改良される前置検出器の 2022 年秋の設置に向けて、新しい検出器の設計と製造も進行中である。その一例として、新型の標的兼飛跡検出器に用いるシンチレータキューブ約 200 万個の製造とレイヤーへの組み上げの完了を報告した。

【発表論文】(著者はすべて T2K collaboration)

- [1] “Constraint on the matter–antimatter symmetry-violating phase in neutrino oscillations”, *Nature* **580**, 339 (2020).
- [2] “First combined measurement of the muon neutrino and antineutrino charged-current cross section without pions in the final state at T2K”, *Phys. Rev. D* **101**, 112001 (2020).
- [3] “Simultaneous measurement of the muon neutrino charged-current cross section on oxygen and carbon without pions in the final state at T2K”, *Phys. Rev. D* **101**, 112004 (2020).
- [4] “First measurement of the charged current anti-muon neutrino double differential cross section on a water target without pions in the final state”, *Phys. Rev. D* **102**, 012007 (2020).
- [5] “Measurement of the charged-current electron (anti-)neutrino inclusive cross-sections at the T2K off-axis near detector ND280”, *J. High Energ. Phys.* **10**, 114 (2020).
- [6] “T2K measurements of muon neutrino and antineutrino disappearance using 3.13×10^{21} protons on target”, *Phys. Rev. D* **103**, 011101 (2021).

整理番号 A16