

令和 6 年度（2024） 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	坂下健(KEK/J-PARC)
参加研究者	カナダ、フランス、ドイツ、ハンガリー、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 570 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、総合研究大学院大学、神戸大学、東京大学、東京大学宇宙線研究所、ILANCE、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 加速器で生成したニュートリノ・ビームを 295 km 離れた岐阜県神岡町のスーパーカミオカンデ検出器（SK）で観測し、その振動を測る実験である。μニュートリノと反μニュートリノのビームを作り分け、それぞれからの電子ニュートリノ出現を測定することで物質の起源に関係する可能性のある CP の破れ観測や質量順序の決定を現在目指している。今年度は、アップグレードしたビームラインおよび検出器でのデータ収集と、ニュートリノ振動の物理解析を進めた。 J-PARC メインリングのビーム運転では、過去最高となる 830kW のビーム強度を記録した。この高いビーム出力によりデータ収集が一層加速した。前置ニュートリノ検出器のアップグレードは 5 月に完成し、6 月からのビーム運転で本格的な測定を開始した。アップグレード後の検出器では、200 万個の 1cm^3 のシンチレーターキューブを積層した Super Fine Grained Detector (SuperFGD)、大角度に出る粒子を捉える High Angle Time Projection Chamber (HA-TPC)、粒子の時間を測定する Time-Of-Flight (TOF)検出器を新しく設置した。SuperFGD ではニュートリノ反応点から生成される二次粒子を短いトラックも含めて鮮明に捉えることができた。また、HA-TPC や TOF 検出器も順調に信号を捉えており、装置全体が計画通り稼働している(図 1)。2024 年度のビーム運転では、ニュートリノモードで 3.6×10^{20} POT、反ニュートリノモードで 1.2×10^{20} POT のデータを蓄積した。全体では 2023 年度までに比べて 10%のデータ増となる。SK 検出器では、7 月から 8 月にかけて、磁気補償コイルの修復作業を実施した。その後、データ較正を行い、11 月以降の運転ではコイル問題が起こる前とほぼ同じ状態でデータ収集を再開できている。また、それ以前に取得したデータについては、一部のコイルがオフの状態となるため、この検出器の状態に対応したデータ解析の開発を進めた。 物理解析では、米国 NOvA 実験と T2K 実験の合同解析の結果をまとめた。NOvA は T2K

と同じ加速器ニュートリノ振動実験であるが、飛行距離やニュートリノビームエネルギーが T2K と異なるため、独立で解析した場合には解けない縮退を解消でき感度向上が期待できる。異なる実験の間の系統誤差の取り扱いが難しいが、その導入手法の開発と妥当性の検証を進めた。合同解析の結果は、逆質量順序を弱く示唆し、逆質量順序ならば CP 保存を 3σ の確度で棄却、というものであった。また、夏の国際会議 Neutrino2024 にて、これまでよりニュートリノモードの統計を 10% 増加させた T2K 実験の新しい結果を発表した。T2K のデータは、引き続きニュートリノ CP が最大に破れていることを示唆している。CP 保存を 90% の信頼度で棄却した。

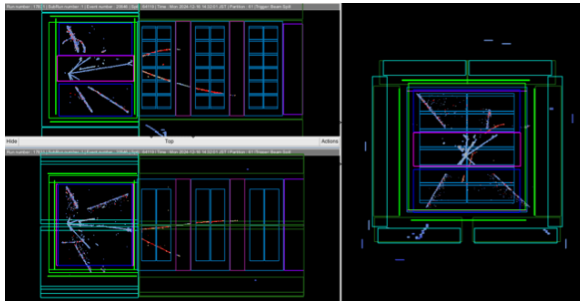


図 1 アップグレードした前置検出器で捉えたニュートリノ反応事象。前置検出器を側面(左上図)、上面(左下図)、前面(右図)から見たイベントディスプレイ。ニュートリノビームは左から右に向かって入射している(左上図、左下図)。ニュートリノ反応からの複数の荷電粒子の飛跡が鮮明に捉えられている。

【発表論文】

[1] K.Abe et al. [T2K and Super-Kamiokande], "First Joint Oscillation Analysis of Super-Kamiokande Atmospheric and T2K Accelerator Neutrino Data", Phys. Rev. Lett. 134, no.1, 011801 (2025).

整理番号 A15

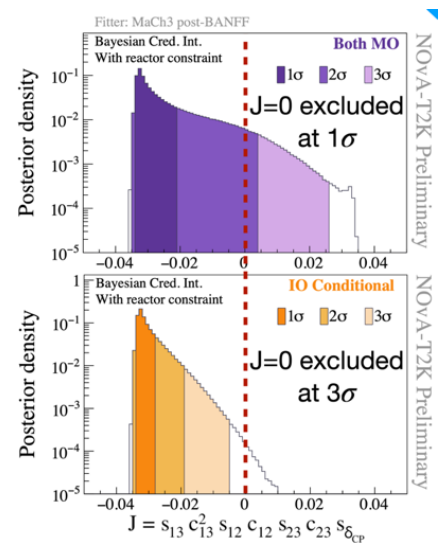


図 2 NOvA+T2K 合同解析の結果。CP の破れの大きさに比例する値 J の事後確率分布(両方の質量順序(上图)、逆質量順序(下图)を仮定)。