

令和 5 年度 (2023) 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(東北大学)→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	<p>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。これまでに蓄積したデータ解析により、ニュートリノ CP 対称性の破れを示唆する結果を得ている。昨年度、Neutrino2022 国際会議で報告した結果では、CP 破れ角δ_{CP}は広いパラメータ領域を3σの信頼度で棄却し、CP 保存は 90%信頼度で棄却した。</p> <p>今年度は、T2K 実験のデータと SK 実験の大気ニュートリノのデータを組み合わせた合同解析および T2K 実験と同じ加速器ニュートリノ実験である米国 NOvA 実験との合同解析を推進した。ニュートリノ振動の確率はニュートリノのエネルギーと飛行距離に依存するため、異なるエネルギーや飛行距離のデータと組み合わせた場合、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は難しいが、その導入手法の開発と妥当性の検証を進めた。T2K と SK の合同解析の結果は、SK や T2K 実験の単独の解析よりも強い制限を質量順序に与えた (90%の事後確率で正順序を示唆)。また、CP 破れ角δ_{CP}は広いパラメータ領域を3σの信頼度で棄却し、CP 保存は 90%信頼度で棄却した。SK と T2K を合同で解析したことにより、より広い振動パラメータ領域で CP 保存となる$\delta_{CP} = 0$を棄却できた(図 1)。T2K 実験と NOvA 実験の合同解析野結果は、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。</p>

2023年11月末から12月にかけて加速器およびビームラインの調整運転を行い、12月からはT2K実験データ収集を再開した。ロングシャットダウン中に改良した電磁ホーンは、320キロアンペアでの運転となり、これまでの250キロアンペアの運転に対して約10%のニュートリノビーム強度の増加につながっている。加速器ビーム強度では、710kWで安定に運転した。年末の運転停止前には760kWでの試験運転も行い、今後、さらなる大強度での運転が見込まれる。

前置検出器は、11月末まで一部を除く新型検出器（大角度タイムプロジェクションチェンバー（TPC）、200万個の1cm立法シンチレータキューブからなるSuperFGD、飛行時間測定器）の設置が完了し（図2）、ニュートリノビームによる試験データ取得運転を行った。SuperFGD内で発生したニュートリノ反応事象の測定に成功した（図2）。

【発表論文】（著者はすべてT2K Collaboration）

- [1] "Measurements of the ν_μ and anti- ν_μ -induced coherent charged pion production cross sections on C12 by the T2K experiment", Phys. Rev. D108 (2023) no.9, 9.
- [2] "Updated T2K measurements of muon neutrino and antineutrino disappearance using 3.6×10^{21} protons on target", Phys. Rev. D108 (2023) no.7, 072011.
- [3] "First measurement of muon neutrino charged-current interactions on hydrocarbon without pions in the final state using multiple detectors with correlated energy spectra at T2K", Phys. Rev. D108 (2023) no.11, 112009.
- [4] "Measurements of neutrino oscillation parameters from the T2K experiment using 3.6×10^{21} protons on target", Eur. Phys. J. C83 (2023) no.9, 782.

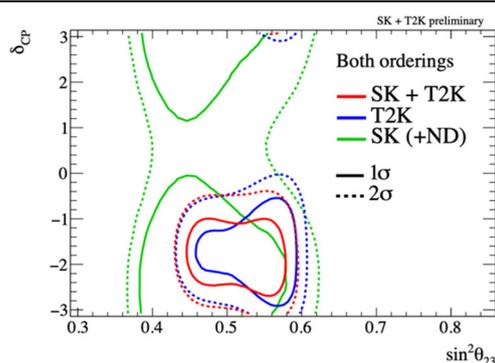


図1 SK+T2K 合同解析の結果。

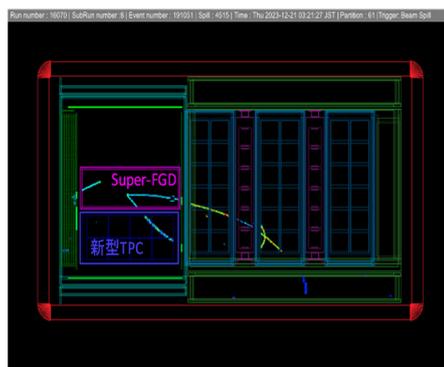


図2 新型の前置検出器で観測したニュートリノ事象候補の例