

令和 4 年度 (2022) 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)
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	<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。</p> <p>2010 年の実験開始から 2020 年始めまでに測定したデータを用い、Neutrino 2020 国際学会で発表した結果よりさらに以下で説明する大幅な改良を解析に加えた結果を今年度の Neutrino 2022 国際学会にて発表した。</p> <p>ニュートリノ・フラックス予想に関しては T2K 標的のレプリカを用いた CERN NA61/SHINE ハドロン生成データによるチューニングをπから K, p 粒子にも拡張し、高いエネルギーでの不定性を削減。また冷却水のモデリングを改善し、冷却水におけるハドロン散乱にかかる誤差を初めて計上した。今後の削減に向け、現在 NA61/SHINE にてさらに高統計のハドロン生成データ測定が始まっている。</p> <p>振動前のフラックスと反応断面積を測定する前置検出器においてはπ粒子の生成数に加え、陽子や光子の存在により事象選別を細分化し、SK におけるエネルギー再構成の不定性を大きくする背景プロセスの断面積をより正確に捉えられるようにした。振動解析モデルも実効的な誤差をより物理的な実装に置き換えた。</p> <p>後置検出器である SK においては T2K においては初めてとなる複数リング事象サンプルを導入した。その主成分は、荷電共鳴パイ中間子生成反応 (CC resonant, $CC1\pi^+$) で、振動領域より高いエネルギーにおける反応に制限を与えられる。</p> <p>これらの改良に伴う振動解析の結果は主に反応モデルと前置検出器の事象選別の更新により若干、前年までの結果から変わっているものの、引き続き世界の実験の中でも大気混合パラメータθ_{23}とΔm_{32}^2、また CP 破れ角δ_{CP}に対し最も強い制限を与えている (2 頁</p>

目右図)。 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%信頼度で棄却している。

今後の解析としては、2021 年初めに取得した 0.01%のガドリニウムを含む実験データを含む振動解析を進めている。また前置検出器におけるアクセプタンスの低い大角度や後方散乱反応を加えた事象選別や系統誤差の取り扱いの改善、SK における中性反応を含む新サンプルの導入に向けて準備を進めている。その他、より高いエネルギーのニュートリノを観測できる前置検出器 WAGASCI/Baby MIND によるニュートリノ反応断面積の解析が進んでいる。

SK 実験の大気ニュートリノ及びアメリカの NOvA 長基線ニュートリノ実験との合同解析は最終段階に入っていて、SK との合同解析に関しては Neutrino 2022 国際学会にて感度解析を発表した。

ビームラインは 500 kW から 1.3 MW に向け様々なアップグレードを実行中で、3 台直列で設置されている電磁ホーンのうち、第 1 ホーン、第 2 ホーンを新しいものに置き換え、320 キロアンペアで試運転を行った。これまでの 250 キロアンペア運転に対し、320 キロアンペアにすることで約 10%のニュートリノビーム強度向上が見込まれる。

前置検出器はアップグレードが進行中で、今年度は SuperFGD 検出器の 200 万個のシンチレーション・キューブとファイバーを J-PARC にて組み立てた。(右下図)。大角度 TPC については、電極部に予期せぬ漏れ電流が発生するという問題が生じたが、その原因を突き止め防止策を施した上で製造を進めている。2023 年度中のコミッショニング及びインストール、ビームを用いたデータ取得を目指す。

【発表論文】(著者はすべて T2K Collaboration)

[1] “Scintillator ageing of the T2K near detectors from 2010 to 2021”, *JINST* 17 (2022) P10028.

