

令和 3 年度 (2021) 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：高圧キセノンガス検出器を用いたニュートリノレス二重ベータ崩壊探索

英文：Search for neutrinoless double beta decay and dark matter with high-pressure Xenon gas detector

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

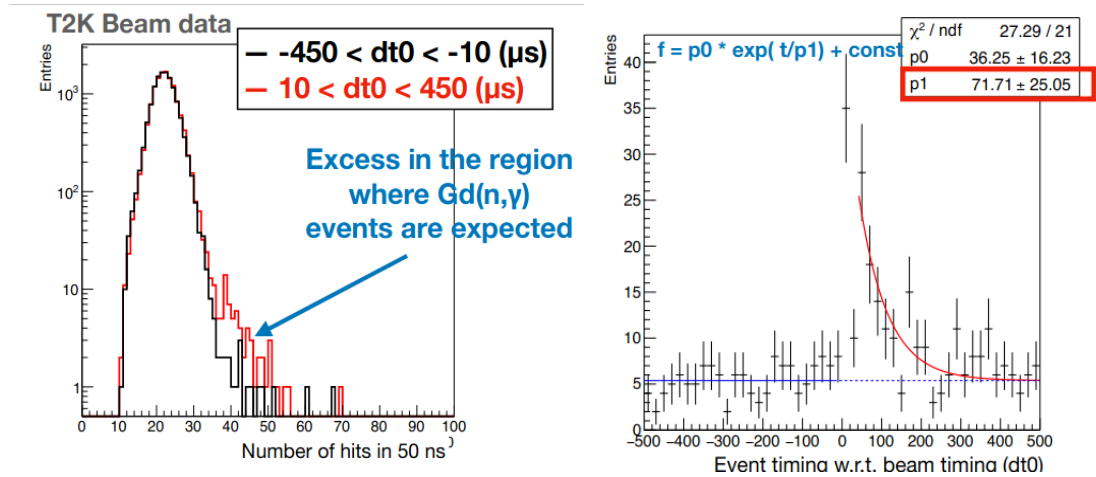
東海 to 神岡 (T2K) 長基線ニュートリノ実験は、茨城県東海村の J-PARC で生成したミューニュートリノビームを、岐阜県飛騨市神岡町にあるスーパーカミオカンデ(SK)に打ち込み、ニュートリノ振動の性質を調べる実験である。ミューニュートリノの消失事象による混合角 θ_{23} と質量二乗差 $|\Delta m_{32}^2|$ の精密測定、さらに本実験によって 2013 年に発見された電子ニュートリノ出現事象を加えての CP 対称性の破れの探索 (CP 位相の測定) が主な研究目的である。

昨年度の報告以降、2021 年 3 月から 4 月にかけて Run11 として、SK にガドリニウム 0.01% 導入後初のデータ取得をニュートリノビームモードで行い、 1.8×10^{20} POT (proton on target, ニュートリノ生成標的への累積陽子照射数) のデータを取得した。これまでの合計では 3.82×10^{21} POT となる。次ページ図に示すように J-PARC からのニュートリノによる反応で生成した中性子が検出された。このビームタイムの後に、J-PARC メインリング加速器は、電源更新のための長期シャットダウンに入った。次のビームタイムは、2022 年秋以降の予定である。

解析では種々の改善が進んでいる。ニュートリノフラックスについて、CERN NA61/SHINE 実験における T2K レプリカターゲットのデータを用いることでハドロン反応に起因する不定性が 8% から 4% へ縮小した。前置検出器では、ガンマを含むかどうかで事象を場合分けすることで、ニュートリノ反応の種類をより切り分けた測定が可能になった。SK 側のデータとしては、これまで 1 リングの事象のみを振動解析に用いてきたが、ミューオンを含む複数リングの事象を新たに加える準備が整った。約 33% 事象数が増えることが期待される。これらの改良を用いた振動解析の結果は 2022 年 6 月に公表する予定である。

ハードウェアの状況としては、ビームラインおよび前置検出器のアップグレードおよび SK のガドリニウムの追加の準備が進んでいる。ビームラインでは、ビーム

増強に備えて一次陽子ビームラインの最終降り下げ磁石を短いものに変更し、下流のモニターなどの機器のメンテナンス性を向上した。また2次ビームラインの第1電磁ホーン、第2電磁ホーンの交換に向けた準備が進んでいる。前置検出器では、SuperFGDの組み立て用プラットフォーム、フロントエンド回路の設計および製作、High-Angle TPCのフィールドケージ、ガスシステムの製作、TOFの組み立てなどが行われた。新型コロナウイルスによる移動制限や物資不足による遅れを最小限にするべく努力している。



Run11における中性子検出を示す図。左図は、ビームタイミング前（黒）後（赤）のイベントのヒット数分布でビームタイミング後10マイクロ秒から450マイクロ秒で超過が見える。右図はビームタイミング前後の事象のタイミング分布であり、ガドリニウムによる中性子捕獲の様子が見えている。

【発表論文】（著者はすべて T2K collaboration）

- [1] “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 (2020) 11, 112004
- [2] “T2K measurements of muon neutrino and antineutrino disappearance using 3.13×10^{21} protons on target”, Phys.Rev.D 103 (2021)
- [3] “Improved constraints on neutrino mixing from the T2K experiment with 3.13×10^{21} protons on target”, Phys.Rev.D 103 (2021) 11, 112008
- [4] “First T2K measurement of transverse kinematic imbalance in the muon-neutrino charged-current single- π^+ production channel containing at least one proton”, Phys.Rev.D 103 (2021) 11, 112009

整理番号