

【特別推進研究】

理工系（数物系科学）



研究課題名 T2K 実験の高度化によるニュートリノの CP 対称性の測定

高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・教授

こばやし たかし
小林 隆

研究課題番号：16H06288 研究者番号：70291317

研究分野：素粒子物理実験

キーワード：ニュートリノ振動、CP 対称性、J-PARC、T2K 実験、スーパーカミオカンデ

【研究の背景・目的】

T2K 実験は、茨城県東海村にある大強度陽子加速器 J-PARC の陽子ビームを使って、人工的にニュートリノという素粒子を大量に作り出し、そのビームを地中を素通りさせ、295km 離れた岐阜県神岡のスーパーカミオカンデ検出器で検出し、ニュートリノ振動現象という、飛行中にニュートリノの種類が変化する現象を調べる長基線ニュートリノ振動実験です。2010 年に実験を開始し、2011 年～2013 年にかけて、ミュー型と呼ばれる種類のニュートリノが飛行中に電子型という別の種類に変化することを世界に先駆けて発見しました。本課題研究では、T2K 実験のビームの増強や検出器の高性能化により、感度をさらに高め、同様な変化がニュートリノの反粒子である反ニュートリノでも生じるか、またその変化の割合はニュートリノと反ニュートリノで異なるか (CP 対称性の破れ)、を精密に測定することによって、ニュートリノの未知の性質を明らかにし、さらに宇宙になぜ物質が存在するかという根源的な謎を解くヒントを探る研究です。



図 1 T2K 実験の概要

【研究の方法】

この研究では、T2K 実験の感度向上のため、統計精度と系統精度双方の向上を図ります。統計精度はスーパーカミオカンデで検出するニュートリノの数を増やすことで高めます。そのためには J-PARC の陽子ビームをさらに強く安定にし、神岡に送るニュートリノの数を増やします。大強度陽子ビームの安定運転のために、陽子ビームの位置や太さなどの性質を常に精密に測定して、ビーム制御に反映させる必要があります。本研究ではそのための陽子ビーム測定器を製作、設置します。さらにニュートリノビームを強くするため、陽子ビームからニュートリノを生成するための装置の一部である「電磁ホーン」と呼ばれる装置の性能を高めます。また系統誤差向上のためには、生成直後のニュートリノビームの個数や、エネルギー分布、ミュー型ニュートリノと電子型ニュートリノの割合などをより高い精度で求め

る必要があります。本研究では、J-PARC 敷地内に設置されているニュートリノ測定器の一部を新たなアイデアに基づく新型検出器で置き換えることによって測定精度向上を図ります。

【期待される成果と意義】

これらの性能向上によって、研究開始後 1, 2 年後には、反ミュー型ニュートリノから反電子型ニュートリノへの変化を世界に先駆けて発見できると期待されます。さらに、ニュートリノと反ニュートリノの間の CP 対称性が最大限に破れている場合には、本研究期間中に、「95~99%の確率で CP 対称性が最大に破れている」ということを言えます。研究期間終了後も測定を続けることで、2026 年ころには、ニュートリノにおける CP 対称性の破れを世界で初めて発見することができると期待されます。宇宙の物質の起源はニュートリノにおける CP 対称性の破れがかかわっている可能性が指摘されています。本研究によって CP 対称性の破れが発見されれば、宇宙の成り立ちを理解する大きなステップになることが期待されます。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ “Indication of Electron Neutrino Appearance from an Accelerator-produced Off-axis Muon Neutrino Beam”, T2K Collaboration (K. Abe (Tokyo U., ICRR) et al.), Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 041801
- ・ “Expression of Interest for an Extended Run at T2K to 20×10^{21} POT”, T2K Collaboration, Jan. 6, 2016,
http://j-parc.jp/researcher/Hadron/en/pac_1601/pdf/EoI_2016-10.pdf

【研究期間と研究経費】

平成 28 年度 - 32 年度 418,600 千円

【ホームページ等】

<http://t2k-experiment.org/>