

【基盤研究(S)】

理工系 (数物系科学)



研究課題名 K 中間子崩壊に潜む新物理の探索

大阪大学・大学院理学研究科・教授 やまなか たく
山中 卓

研究課題番号: 16H06343 研究者番号: 20243157

研究分野: 素粒子 (実験)

キーワード: 素粒子 (実験)、K 中間子、J-PARC、標準理論を超える新しい物理

【研究の背景・目的】

物質の根源である素粒子には、クォークや電子などの粒子と、電荷が反転した反クォークや陽電子などの反粒子がある。宇宙のビッグバン直後には、粒子と反粒子は同じ数だけできたはずだが、膨張して冷えた現在の宇宙には、反粒子はほとんど残っていない。これは、その間に粒子が反粒子より少し多くなるという反応が起きたためである。このような粒子と反粒子の反応の違いを CP 対称性の破れと呼ぶ。現在の素粒子の標準理論では、宇宙に物質を作った CP 対称性の破れは説明できない。

本研究の目的は、標準理論を超え、CP 対称性を破る新しい素粒子物理を探索することである。

CP 対称性を破る新しい素粒子物理を探すために、中性の K 中間子が π^0 中間子とニュートリノ対に壊れる事象を観測し、その崩壊分岐比を測定する。まずこの崩壊は、崩壊の前後で CP の状態が異なるために、CP 対称性を破っている。また、標準理論によるこの崩壊の分岐比は 3×10^{-11} と非常に小さく、理論による誤差も約 2% と小さい。新しい物理の寄与により崩壊の分岐比が標準理論の予測からずれていれば、それはこの崩壊に標準理論を超える新しい物理が寄与していることの証拠となる。

【研究の方法】

茨城県にある J-PARC 大強度陽子加速器を用いて K 中間子を大量に生成し、その崩壊を KOTO 実験測定器(図 1)で観測する。 π^0 中間子の崩壊からの 2 個のガンマ線を、下流に置いた電磁カロリメータ (CsI カロリメータ)で観測する。また崩壊領域全体を検出器(NCC, FB, MB, CV 等)で覆い、他に粒子が観測されないことを確認する。

実験は 2013 年に開始し、わずか 4 日間のデータで、現在までの最高感度の実験とほぼ同じ感度を得、

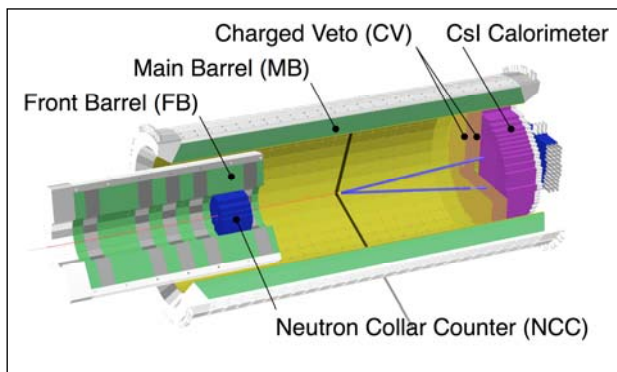


図 1 KOTO 実験装置

2015 年にはその 20 倍のデータを収集した。これからはビーム強度も 2 倍以上に上げ、次の改良も行い、データを収集していく。

また、2013 年に発見された、中性子起源の新たな背景事象を削減するために、電磁カロリメータの前面に約 4000 個の新たな半導体の光検出器を取り付ける。この新たな光検出器と、後面に従来からついている光電子増倍管の信号の時間差から、入射粒子の反応の奥行きを測定し、カロリメータに入ったガンマ線と中性子を識別する。これは今までにない全く新しい手法である。

また、データ収集システムを ATCA という最新の通信技術を用いて大幅に改良し、並列で読み出される各測定器からの情報を、読み出しの中間段階で事象ごとにまとめ、電磁カロリメータに入射した粒子数を数えて事象を選別するなどの複雑な処理を行う。これにより、大強度のビームで実験を行ってもデータを効率よくデータを収集する。

【期待される成果と意義】

新しい物理の効果によって崩壊分岐比が 1×10^{-10} 以上になっていれば、 3σ 相当の有為さで新しい物理の存在を示す事ができる。また、ヨーロッパの CERN 研究所で行われている実験による K^+ 中間子が π^+ 中間子とニュートリノ対に壊れる崩壊分岐比の結果、これから始まる KEK Belle II 実験の結果などを組み合わせることによって、その新たな物理の中の理論モデルやパラメータを絞り込むことができる。また、もし崩壊が発見されない場合でも、いくつかの新しい物理のモデルに対して制限をかけることができる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- T. Masuda *et al.*, “Long-lived neutral-kaon flux measurement for the KOTO experiment”, PTEP 2016, 013C03-1~23 (2016).
- T. Yamanaka, “The J-PARC KOTO Experiment”, PTEP 2012, 02B006-1~7 (2012).

【研究期間と研究経費】

平成 28 年度 - 32 年度 133,800 千円

【ホームページ等】

<http://koto.kek.jp>