

J-PARC E14 KOTO 実験

J-PARC ハドロン実験施設で、E14 実験（通称 KOTO 実験：K0 at Tokai の略）を行っています。この実験には、国内（KEK、大阪大、京都大、山形大、防衛大、岡山大、佐賀大）、海外（米国、台湾、韓国、ロシア）から合わせて約 60 名が参加しています。

KOTO 実験の目的は、中性 K 中間子の非常に稀な崩壊パターン($K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$)を測定し、標準模型の枠組を超える新しい物理の存在を探索することです。今まで様々な実験結果のほぼすべてをよく説明してきた標準模型の枠組みで、 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 崩壊ほど分岐比を精度良く計算出来る事象はありません。2%程度の理論的不確実性なので、予測と異なる実験結果は迷いなく新しい物理効果の発見と言えるでしょう。 3×10^{-11} と予想される非常に小さい分岐比は標準模型独特の世代間階層構造によるものなので、それを10倍以上大きくする新しい物理の存在は大いに期待されます。

ビームとして飛来する中性 K 中間子が円筒型の測定器（図1）内で崩壊し、生まれた π^0 がさらに崩壊して出る二つのガンマ線を**電磁カロリメータ**で捉えることで事象を再構成します。他に検出できる粒子（ガンマ線や荷電粒子など）が何も出ないことも信号の特徴で、高い検出効率を持つ**崩壊領域を囲んだ測定器群**でそのことを保証します。

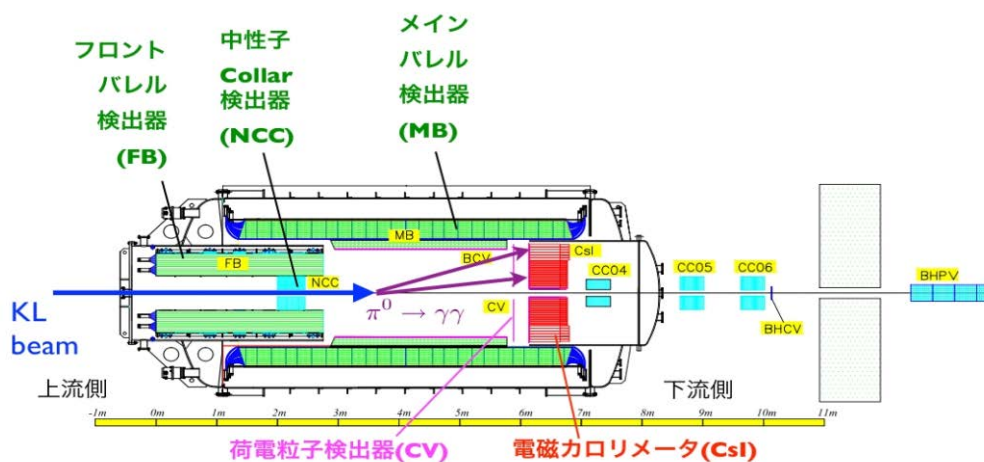


図1。KOTO 検出器の平面図

KOTO 実験は最初の物理ランとして、2013 年 5 月に 24kW のビームパワーで 100 時間データを収集し (Run49、図 2 参照)、過去に行われた実験の世界記録と同程度の感度を達成しました。この結果は 2017 年 2 月に “Progress of Theoretical and Experimental Physics (PTEP)” 誌に出版されました (PETP 2017, 021C01)。

約 2 年間のハドロン実験施設の安全改修作業と並行して、2013 年のデータで現れた背景事象を除去するための検出器の改善作業を行いました。2015 年 4 月から 2013 年度の 20 倍相当のデータを蓄積することができました (Run62~Run65、図 2 参照)。ビームパワーが 24kW から 42kW まで徐々に増強されるなかで取得したデータであり、期間ごとのビーム条件に応じた解析を行っています。増強された検出器が期待通りの性能を発揮していることの確認ができています。また、電磁カロリメータで捉える光子と中性子の信号を高い感度で区別する分析アルゴリズムを導入することで、2013 年データで現れた背景事象を 10 分の 1 以下に減らしました。2015 年データの解析は、今まで発見された背景事象の精査とともに一層高い実験感度になると見えてくる可能性がある背景事象の存在を確かめる段階に入っています。

2016 年 4 月に新しいガンマ線検出器 (インナーバレル) を設置し、2016 年 5 月末から約 1 ヶ月間、ビームパワー 42kW でデータ収集を行いました (Run69、図 2 参照)。この検出器はメインバレルと同じく鉛とシンチレータのサンドイッチ構造を持ち、波長変換ファイバーを通して光電子増倍管で信号を読み出すもので、外径 2m、長さ 3m、重量 7 トンの円筒状に組み上げられています。動径方向に飛んだガンマ線に対する検出効率を向上し、中性 K 中間子の他の崩壊モードに起因する背景事象を十分抑えることが期待されています。

蓄積したデータは 2015 年の約 1/4 に相当し、インナーバレルが検出器としての性能を発揮することを確認しました。インナーバレルが背景事象を十分に抑え、実験感度をさらに向上させることを確認するため、2017 年春からデータ取得を行い 2015 年と同量のデータ蓄積を目指します。

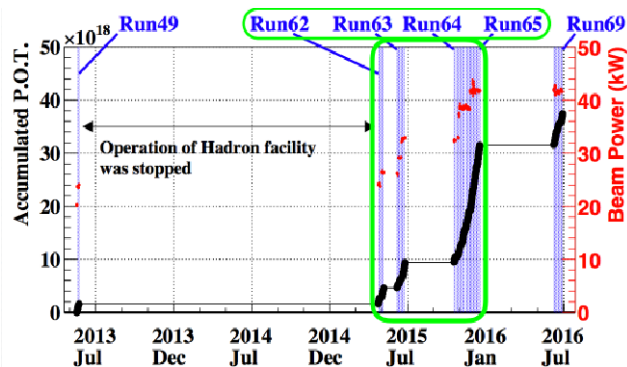


図 2。蓄積しているデータ