

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、 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 崩壊の分岐比の理論的不定性は小さく（2%程度）、これほど良い精度で計算できる事象は他にありません。分岐比が理論の予想と異なることを実験で確立できれば、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（CsI 結晶）**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。

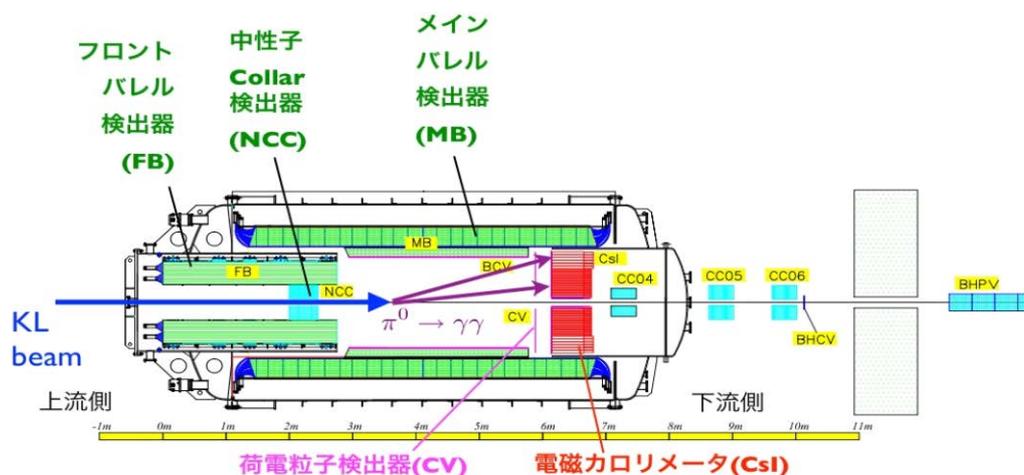


図1。KOTO 検出器の平面図

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)。

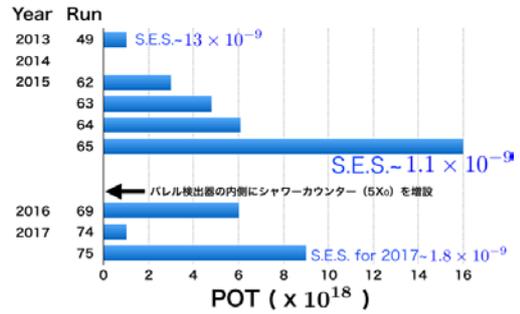


図 2。収集しているデータ

約 2 年間のハドロン実験施設の改修作業の期間中に、2013 年のデータで現れた背景事象を除去するための手法の開発も行い、その後 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 (Run62~65、図 2 参照)。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 月に新たにシャワーカウンター (インナーバレル) をメインバレル検出器の内側に増設し、2016 年 5 月末から約 1 ヶ月間データ収集を行いました (Run69、図 2 参照)。この検出器は動径方向へ飛ぶガンマ線に対する検出効率を向上させることで、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。更に 2017 年 4~6 月 (Run74~75、図 2 参照) のデータ収集を実施し 2015 年の約 40%に相当するデータ量を取得しました。引き続き 2018 年 1 月からデータを収集する予定で、インナーバレル設置後の積算で 2015 年と同程度のデータ量を収集できる見込みです。

上記物理データ収集・解析と並行して、CsI 結晶のシンチレーション光を従来は下流側から光電子増倍管で測定していたところを上流側からも MPPC で測定するように改造することで結晶中における発光位置を算出し、電磁シャワーの発達のかたを再構成することで γ 線と中性子を識別する手法を新たに開発してきました (図 3 参照)。2018 年度にはすべての CsI 結晶を両面読み出しとする大規模なアップグレード作業を予定しており、さらなる実験感度向上が期待されます。

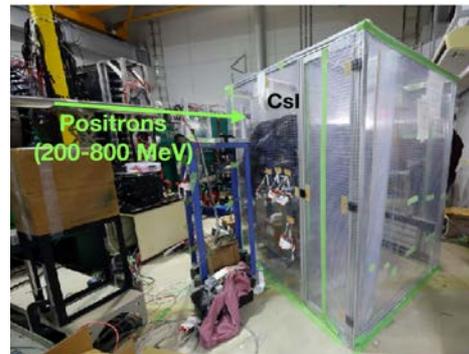


図 3。両面読出型 CsI 結晶のビームテスト (東北大 ELPH, 2017 年 12 月)。