

中性子とガンマ線を識別できる新しいCsI電磁カロリメータ

大杉真優

最先端計測器開発プロジェクト

J-PARC KOTO 実験では、 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ という中性 K 中間子の稀な崩壊を用いて、物質が優勢な宇宙の謎を解き明かす研究を行っている。標準理論で予測されるこの崩壊モードの分岐比は、 3×10^{-11} と小さいため、新しい物理によって分岐比が異なった場合に違いをとらえやすい。 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ の信号は、 π^0 の崩壊でできる二本のガンマ線のみである。KOTO 実験の検出器は、ガンマ線を測定する CsI 電磁カロリメータと、他に粒子がないことを保証するための veto 検出器から構成されている。CsI カロリメータは直径 2 m、厚さ 0.5 m であり、ドーピングされていない純粋な CsI 結晶 2716 本から構成されている。結晶の発光量は、下流に取り付けられた光検出器（光電子増倍管）によって一本一本読み出されている。

高い感度まで新物理探索を行うには、背景事象を抑制することが重要である。現在の主な背景事象の一つは、中性子背景事象と呼ばれ、 K_L ビームの外側をとりまく中性子がカロリメータに入射することに起因する。この背景事象を削減するために、ガンマ線と中性子で、カロリメータ内での相互作用の深さが違うことを用いる。ガンマ線は、CsI 結晶に入っただけで相互作用するのに対し、中性子は CsI 結晶のどこでも相互作用する。相互作用の深さを測定するために、下流から読み出している CsI カロリメータを新たに上流からも読み出す方法を考案した。これにより、上下流の光検出器の検出時間差を用いて、反応の深さを測定できる。

まず、KOTO 実験の環境を考慮し、光検出器の選定を行なった。ガンマ線などの粒子が光検出器で消えてしまわないほどの薄さ、紫外線の感度、真空耐性、安価さなどを考慮し、半導体光検出器である、Multi-Pixel Photon Counter (MPPC) の S13360-6050C[1] を選んだ。また、温度変化に強く、強度も高い MPPC の接手法や、真空中で動作するための発熱を抑えた読み出し基盤の開発も行った。

2018 年 9 月から 12 月に 4080 個の MPPC を CsI カロリメータに接着する作業と、読み出し回路への配線を行った。2019 年 2 月から 4 月にビームによるデータを取得し、新しい電磁カロリメータの性能を評価した。中性子背景事象は 1/40 まで削減でき、中性子とガンマ線を識別できることを示した。

参考文献：

[1] 浜松ホトニクス, MPPC, https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/ssd/s13360_eries_kapd1052j.pdf

研究業績リスト

I 査読論文

該当なし

II 国際会議等における発表

該当なし

III 国内会議等における発表

該当なし

IV 著書

該当なし

V 受賞と知的財産

該当なし

VI その他研究業績、発表文献

該当なし