

次世代X線天文観測に向けたマイクロ波多重化TESカロリメータの200 keVまでの較正と多画素クロストーク解析

○金子 真太郎¹ 山田 真也¹ 岡田 信二³ 奥村 拓馬⁶ 川崎 海斗⁷ 小林 翔悟¹ 斎藤 岳志⁵ 田中 圭太⁴ 田 知朗⁸ 外山 裕一³ 橋本 直² 早川 亮大⁴ 林 佑² for HEATES Collaboration⁹ (1.立教大学 2.理化学研究所 3.中部大学 4.QUP/KEK 5.KEK 6.東京都立大学 7.東京科学大学 8.広島大学 9.HEATES Collaboration)

2023年に打ち上げられたXRISM衛星は、X線マイクロカロリメータを用いた高分解能分光観測を本格的に実現し、X線天文学に新たな展開をもたらしている。今後、より広い視野と高いエネルギー分解能を両立する次世代X線観測装置の実現には、超伝導遷移端検出器（TES）の多画素化と高効率な読み出し技術の確立が不可欠である。特に、各画素に固有の共振周波数を割り当て、GHz帯の信号を用いて多数のTESを同時に読み出すマイクロ波多重化方式（ μmux ）は、将来衛星に向けた有力な技術である。我々はこれまで、J-PARC/MLFにおける加速器実験を通じて、 μmux を用いたTESモジュールの多画素同時運用を実証してきた。これまでに、エネルギー特性の異なる2系統のTESモジュールを同時に運用し、40 keVおよび122 keV付近において実験室性能と同等の分光性能を確認した（例：2025年秋季年会 V350）。本発表では、これをさらに発展させ、J-PARC/MLFにおける加速器実験でTESカロリメータの応答を約200 keVまで較正した結果を報告する。較正には ^{57}Co , ^{139}Ce , ^{169}Yb のRI線源を用い、198 keVまでの複数のラインを用いて、較正を行った。その結果、較正精度は172 keVにおいて10 eV以下であり、166 keVで100 eV以下のエネルギー分解能を得た。また、加速器環境では、荷電粒子や二次電子に起因すると考えられる多画素同時信号が観測され、単一画素のエネルギースペクトルでは識別が困難なクロストーク成分が分解能を悪化させる可能性がある。そこで本研究では、主信号を検出した画素と同時に時刻に応答した周辺画素の波形解析を行い、クロストークの影響を受けたイベントの選別を試みた。その結果、クロストーク成分の可視化に成功し、これらのイベントを除去することでエネルギー分解能が約15%向上を達成した。これは、将来の大規模TESアレイにおけるバックグラウンド除去やイベント選別に向けた重要な実証である。

本講演では、 μmux 読み出しTESモジュールによる約200 keVまでの広帯域較正結果と、多画素同時信号解析によるクロストーク可視化の初期成果について報告する。これらの結果を通じて、次世代X線天文衛星に向けたTES多画素読み出し技術の実環境下での有効性を議論する。