

卒業論文概要書

2022年2月提出

所属学科	応用物理学科	氏名	須賀友也	学籍番号	1Y19B042-1
研究題目	小型衛星搭載アナログデータ処理ボードを用いたMPPC温度補償システムの提案と性能評価			指導員	片岡 淳

【研究背景・目的】

本研究室では MeV 領域のガンマ線感度の向上を目指して、小型衛星に搭載する検出器の開発を進めている。搭載予定の検出器には、アクティブシールドを採用する予定である。これは、宇宙線などによる外部からのバックグラウンドに加え、検出器の放射化などによる内部からのバックグラウンドや、エスケープイベントの検出を行えるためである。アクティブシールドには BGO と MPPC を採用している。BGO は無機シンチレータの一種であり、高阻止能、低残光、潮解性がないこと、放射線耐性があること、製造コストが低いことなどの利点がある。MPPC は浜松フォトニクスにて開発された光検出器の一種であり、小型、低電圧動作、高ゲイン、高時間分解能、高検出効率などの利点がある。ここで衛星は、太陽光放射やアルベドなどにより、過酷な宇宙熱環境に晒されることが実証されており、この時アクティブシールドに使用されている BGO と MPPC に様々な問題が発生すると想定される。BGO は、温度上昇によって発光量が低下し、時定数が短くなる性質を持つ。MPPC は、温度上昇によって増倍率が低下し、暗電流ノイズが増加する性質を持つ。これらは分解能の悪化を引き起こす恐れがある。本研究では、この分解能の悪化を改善する温度補償システムを提案し、温度補償システムの有無によって、分解能の向上があるのかどうかを性能評価した。

【温度補償システム】

MPPC の増倍率は温度上昇に伴い減少する性質を持つ一方で、電圧増加に伴い増加する性質も持つ。そこで、これを利用して、アナログ処理ボードによって「 $Volt(V)=0.034(Temp(^{\circ}C))-25)+40.7$ 」となるように MPPC にかかる電圧値を変化し、MPPC の増倍率の温度依存性を打ち消すことができると考えた。これを温度補償システムと名付けている。

【実験方法】

恒温槽内に BGO と MPPC をカップリングしたものを入れ、恒温槽の温度を変化させる。

この際に、40℃、20℃、0℃、-20℃、-40℃の各温度において、温度補償が有る場合と無い場合の Cs-137 による光電ピーク(662keV)のスペクトルを作成する

【スペクトル図】

作製されたスペクトル図は図 1 である。赤、橙、緑、水色、青のスペクトルはそれぞれ、40℃、20℃、0℃、-20℃、-40℃に相当する。

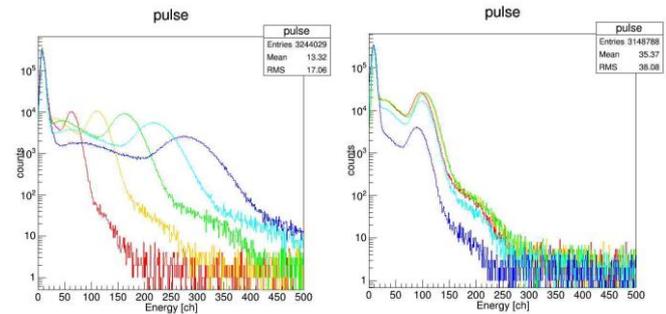


図 1 温度補償無(左図)と有(右図)のスペクトル図

【解析】

これらのスペクトル図に「ガウス分布+一次関数」によるフィッティングを行うことによって分解能を評価する。分解能は FWHM@662keV とする。

【分解能の性能評価】

各温度における分解能は図 2 のようになった。水色は温度補償が無いときの分解能、橙色は温度補償が有るときの分解能である。0℃以上において、分解能は温度上昇に伴い悪化した。

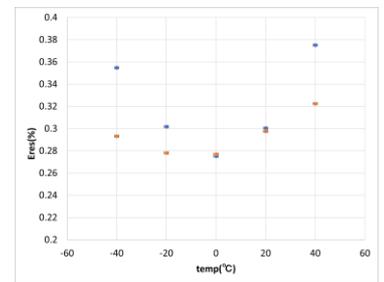


図 2 各温度の分解能

した。この要因は三つある。一つ目は BGO の発光量が減少したこと。二つ目は MPPC の増倍率が低下したこと。三つめは暗電流ノイズが増加したことである。また、温度補正を行ったことで、分解能は改善した。これは、ノイズが増倍率にも依存し、温度補正によって、温度による増倍率の変化を小さくしたことが原因だと考えられる。しかし、0℃以下において、分解能は温度上昇に伴い同様に悪化した。これは上記の三つの理由とは違い、時定数が低温ほど長くなり、時定数に比べて整形時定数が小さくなってしまったため、整形時に波形の一部しか整形できなかったためだと考えられる。

【今後の展望】

本研究で提案した温度補償システムでは MPPC の増倍率の温度依存性のみを考慮したが、実際には、BGO の発光量や時定数も考慮に入れる必要がある。特に時定数は低温部分で分解能に大きな影響をもたらす。よって、これらの影響を踏まえた新たな温度補償システムの提案と性能評価を今後の展望とする。