

W62a 結晶シンチレータの光量シミュレータの開発

西岡博之、奥山翔、中澤知洋、山田真也、榎戸輝揚、湯浅孝行（東大理）、牧島一夫（東大理/理研）

「すざく」に搭載された硬 X 線検出器 HXD は、BGO 結晶を用いたアクティブシールドにより、徹底したバックグラウンド除去を行ない、高い感度を実現した。この技術は、次期 X 線衛星 ASTRO-H に搭載される軟ガンマ線検出器 SGD にも採用される。SGD のシールドは「すざく」HXD のものと同様、BGO 結晶シンチレータと光検出器（今回はアバランシェフォトダイオード）から成り、荷電粒子や視野外からのガンマ線を除去する。

一般に結晶内部で発生したシンチレーション光は、結晶内の吸収や境界面での全反射を受けつつ伝播し、一部が光検出器に入射する。しかし光子のかなりの部分は、結晶界面で極めて多数回にわたり全反射され続け、なかなか外に出てこられない。特に BGO は屈折率が 2.15 と大きいため、効率よく光を集めるには、結晶の形状、表面処理、反射材の巻き方などに慎重な設計が必要である。

従来、結晶の集光効率を上げる設計は、半経験的に、もしくは光線追跡法によるシミュレーションで行なわれてきた。しかし多数回の反射を追跡したり、複雑な形状を扱うことは、できなかった。そこで我々は Geant4 に基づいたモンテカルロシミュレーションを構築し、個々の光子の全反射、屈折、吸収まで追跡することで、結晶の集光率を定量的に予測する手法を開発した。さらに実験と比較することで、その精度を高めるようにした。

例えば小型の直方体の結晶では、光検出器に接する面は鏡面ではなく粗面にしたほうが、閉じ込められた光子が出てきやすく、集光率が高まることが判明した。また細長いファイバ状の結晶では、結晶側面が完全に鏡面でない限り、側面のわずかな粗さのため、乱反射により光が逃げ出すことも判明した。これらのシミュレーション結果は、実際の結晶を用いた実験でも再現された。このように実験とシミュレーションを併用しながら、ASTRO-H へ向けた SGD のシールドの最適設計を進めている。