

気球搭載硬 X 線観測用撮像型 シンチレーションカウンターの製作と評価

名古屋大学大学院 理学研究科
素粒子宇宙物理学専攻 博士課程 (前期)
宇宙物理学 (Ux) 研究室

山田 英哲

Abstract

我々の研究室では 20-60keV の硬 X 線領域において、多層膜スーパーミラーを用いた硬 X 線望遠鏡による撮像観測気球実験を予定している。我々はその望遠鏡の焦点面検出器として、位置検出型 NaI シンチレーションカウンターの開発を行なっている。望遠鏡は焦点距離 8m、口径 40cm で設計され、角度分解能 2 分角、有効視野 10 分角の性能を持つ。

そのため、本検出器には位置分解能 2mm 以下、直径 $\phi 20$ mm 以上の検出面、そして目的とする硬 X 線領域で高い検出効率が必要とされる。NaI(Tl) や CsI(Tl) 等のシンチレーターは阻止能に優れ、大面積積化が容易であるといった利点があり、実用に向けて開発を行なっている。過去において X 線望遠鏡の焦点面検出器として使用された位置検出型比例計数管や CCD といった位置検出型 X 線検出器は硬 X 線領域で感度が低い。

本検出器は厚さ 3mm の NaI(Tl) シンチレーターと、位置検出型光電子増倍管 R2486 (浜松ホトニクス社製) からなる。光電子増倍管は 12 段コースメッシュ型ダイノードと X 方向 16 本、Y 方向 16 本のクロスワイヤアノードをもつ。ダイノードが光子が入射した位置を保存しながら電子を増幅し、後段のアノードに到達する。各アノードからの信号の分布から、X 線の入射した位置を特定する仕組みである。

信号の読みだし方法は、各アノード 1 本 1 本から読み出す方法 (マルチアノード読み出し型) を行ない、X 線 1 フォトンごとに各アノードの波高分布に対し、関数をフィットさせる位置決定法を用いて位置分解能を良くできることがこれまでわかってきた。各アノードそれぞれの読み出し回路を製作し、2 次元イメージを得ることができるようにした。

性能評価の結果、マルチアノード型で検出器の性能は 59.5keV に対し、エネルギー分解能 15.3%、位置分解能 2.2mm という結果を得た。さらに位置決定を行なう計算方法をいくつか試し、検出器の性能のさらなる改良を目指している。

また気球に搭載し、天体観測を行うためにはバックグラウンドの評価、除去が非常に重要である。ターゲットとなる銀河団からの X 線を有意に観測ができるためには最低でもバックグラウンドはエネルギー領域 20keV-60keV、検出面 $\phi 20$ mm の範囲で 0.1counts/sec 以下にしなければならない。

バックグラウンドの評価のためには、シンチレーターの大きさをこれまでの $\phi 2$ インチから $\phi 3$ インチに変え、検出面を広くした。これにより、望遠鏡の視野外のイベントからバックグラウンドを見積もれる様にした。

バックグラウンドの除去のためには、アノードの出力波高分布から X 線のイベント以外を取り除く方法から、トリガにかかるイベントの内、99% を除去できることがわかった。そのため有効視野の範囲で約 0.07counts/sec となる。この他にも鉛板、錫板を使ったシールドによる方法、プラスチックシンチレーターや比例計数管による反同時係数法を試し、どの組合せが有効か考察し、今後の可能性について議論する。