

立方体状シンチレータによる大容量 3 次元放射線検出器の基礎研究

Basic study of a large volume 3-dimensional radiation detector using cubic scintillator

放医研¹, 早大理工² ○小林 進悟¹, 植村 優^{1,2}, 内堀 幸夫², 柴村 英道², 長谷部 信行²NIRS¹, Waseda Univ.², Masaru Uemura^{1,2}, °Shingo Kobayashi¹,Yukio Uchihori¹, Eido Shibamura², Nobuyuki Hasebe²

E-mail: shingo@nirs.go.jp

コンプトンカメラは、0.1-10MeV のエネルギー領域においてガンマ線や高速中性子のイメージングをする方法として古くから知られている。しかしながらコンプトンカメラはまだ完成された技術ではない。コンプトンカメラを構成するためには、放射線が検出器内で散乱した 3 次元位置の計測が必要であるが、3 次元位置検出器の大容量化(例えば 100cm³ 以上)に成功していないため感度が低いのである。3 次元位置検出器としては、半導体による 2 次元位置検出器をスタックする方法や、気体・液体・固体を用いた TPC 方式、微小なシンチレータを積み上げた DOI 検出器等があるが、検出部の単位有効体積あたりに必要な信号線数ないし検出器の数が多いためにコストの面で大容量化はできず、サブ MeV でかつ高強度の放射線源のイメージングに限られている。低コストで簡単に大容量化が可能な 3 次元位置検出器が構成できれば、例えば加速器の照射室で放射化物質を視覚的に把握でき、被ばく管理の面で有用である。

本研究では、大容量化をするために単位有効体積あたりに必要な信号線数が最も少なく、かつ、一定の位置分解能が得られる 3 次元位置検出器を構築することを目的としている。ここでは立方体シンチレータの 6 面からシンチレーションを光電子増倍管 (PMT) で読み出すことで、6 個の PMT で検出した光子の数の比からガンマ線が散乱した 3 次元位置を決定する方式 (Monolithic Cubic Detector, 以下 MCD) を使い、その 3 次元位置検出器としての性能を評価した。この方式は、モノリシックなシンチレータを使いかつ信号線も 6 本で済むため低コストで簡単に大容量の 3 次元位置検出器を構成できる大きな利点がある。シンチレータは CaF₂(Eu)と CsI(Tl)について調べた。

約 52mm×52mm×52mm の 6 面を鏡面仕上げにしたキュービック状の CaF₂ に 6 本の 2" の PMT を取り付け MCD を構成し、⁵⁷Co からの 122keV ガンマ線をコリメータで絞りビーム状に照射した場合には照射位置を識別できた。一方で CsI(Tl)の場合には PMT を 2 つ対面に取り付けた予備実験からうまくいかないことが分かった。CaF₂(Eu)の屈折率は 1.45, 光学グリスは 1.465, PMT の珪酸ガラスは 1.487 であるため光子が直接光電面まで届くが、CsI(Tl)は 1.85 であるために光学グリスと CsI の界面で全反射を起こすためと考えられる。このため屈折率の整合のとれる液体有機シンチレータや CaF₂ は MCD として有用であり、前者は高速中性子カメラ、後者は 3 コンプトン散乱方式のガンマカメラとして期待できる。また屈折率の問題が解決できればどのシンチレータも MCD 方式で簡単に 3 次元位置検出器となる。