

4. 直線偏光検出器の形状の比較

既に述べた様にモンテカルロ計算により、セグメント型検出器の性能評価の模擬計算が可能である。この計算はモデル計算であり、幾つかの仮定のもとで行った。(1) ガンマ線のエネルギーは 1333 keV 以下とし電子対生成の断面積は無視した。(2) ガンマ線源は大きさの無い点源とした。(3) ガンマ線のエネルギーは検出器内の 1 点に付与されるとした。(4) 中央電極の検出範囲は電極の直径と同じ ϕ 35mm で厚さ 6mm とした。

(3) の仮定は電子の運動および原子の励起を考慮していない。本来、ガンマ線のエネルギーはまず電子と原子に与えられ、電子は結晶中を走行しながら徐々にエネルギーを失う筈である。また、原子も励起エネルギーが高ければ X 線を放出する可能性がある。この為、最初に相互作用が発生した場所は 1 点であるが、散乱された電子がゲルマニウム結晶内を走行し、周囲にエネルギーが分散されるのが通常である。

(4) では中央電極の有効範囲を円板状の領域とした。しかし、検出器結晶内部には、陽極と陰極との間に電場勾配ができており、ガンマ線の電離作用により発生した電子と空孔がそれぞれ電極へ移動し電気信号が発生する。即ち、この有効範囲は円錐状であると考えられる。この中央電極の厚さを変化させた結果を図 30 に示した。この結果の中で実験的に求めた検出効率に最も近い値をしめす 6mm を採用した。

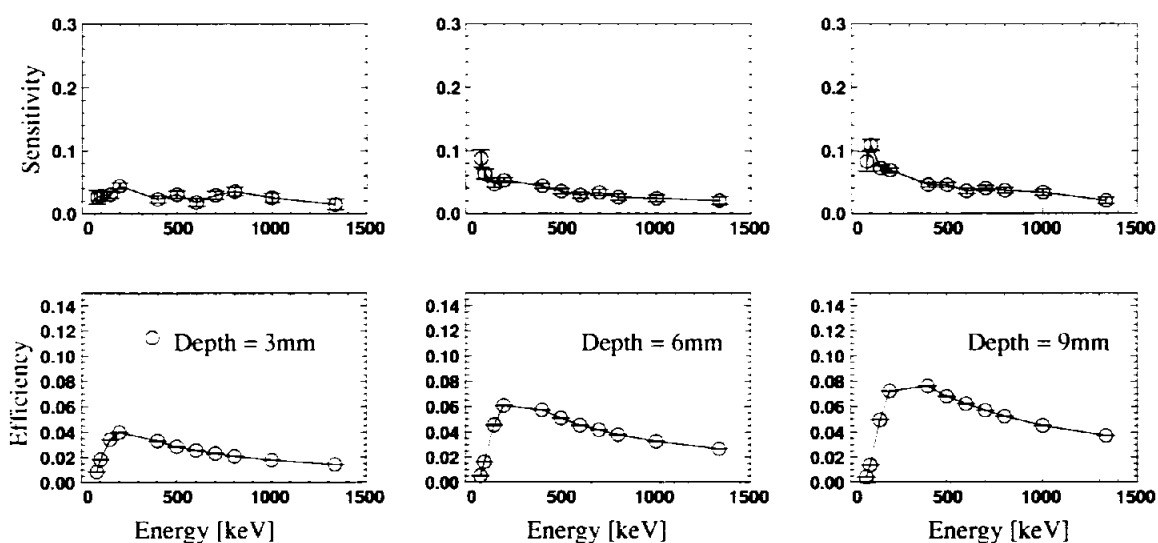


図 30 中央電極の厚さ依存性

ゲルマニウム検出器の電極を分割し直線偏光検出器を作る場合、今回開発した 5 分割以外にも様々な分割や形状が考えられる。ここでは 4 分割した場合について考

察し 5 分割の場合と比較した。

図 3 1 の様に十字に分割した検出器を考える。ここで No.1 の位置にガンマ線が入射した場合、縦方向へコンプトン散乱すると No.2 から出力信号が発生する。一方、横方向ならば No.4 電極から同時に信号が出る。この様に、4 分割セグメント型でも隣り合ったセグメントを考えれば、直線偏光検出器として使用できる。

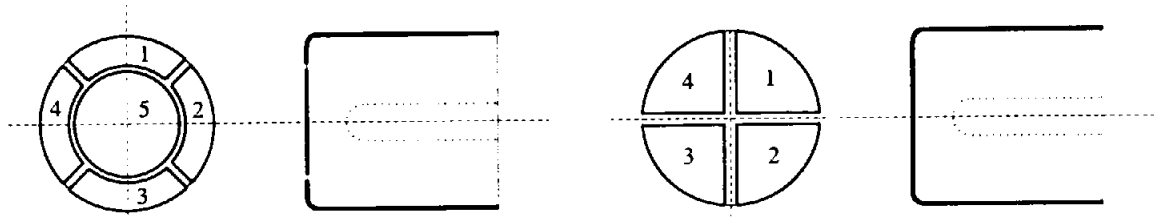


図 3 1 5 分割と 4 分割の形状

この 4 分割セグメント型ゲルマニウム検出器は、Jones 等による報告 [2] がある。今回開発した 5 分割セグメント型と比較し、直線偏光感度および検出効率を計算した。ここで検出効率は入射ガンマ線の総数 N^{total} に対する、直線偏光測定に有効な事象の数である。縦方向と横方向に散乱されたガンマ線の数をそれぞれ、 N^{\parallel} と N^{\perp} とすると、感度 ξ と効率 ε は

$$\xi = \frac{N^{\parallel} - N^{\perp}}{N^{\parallel} + N^{\perp}}$$

$$\varepsilon = \frac{N^{\parallel} + N^{\perp}}{N^{total}}$$

で求めた。計算では入射光子の偏光度は 100% としている。入射ガンマ線の偏光度が P_0 の場合に、観測される偏光度 P はこの計算の結果の ξ を用いて

$$P_0 = \xi P$$

で求められる。

計算の結果得られた検出感度と検出効率を図 3 2 に示す。コリメータは見込み角 $\theta_{1/2} = 9^\circ$ とし、線源との距離は 130mm とした。この図から直線偏光の検出感度は 4 分割にした場合の方が 3 倍程度良い事が判る。一方、検出感度は 5 分割の方がやや優勢である。

また、この様なセグメント型のコンパクトは直線偏光検出器をクリスタルボールに配置すると、ガンマ線同時測定による直線偏光角度相関法によって威力を発揮すると期待される。この直線偏光角度相関法の強度については Droste、Starosta 等による詳しい報告 [3] がある。

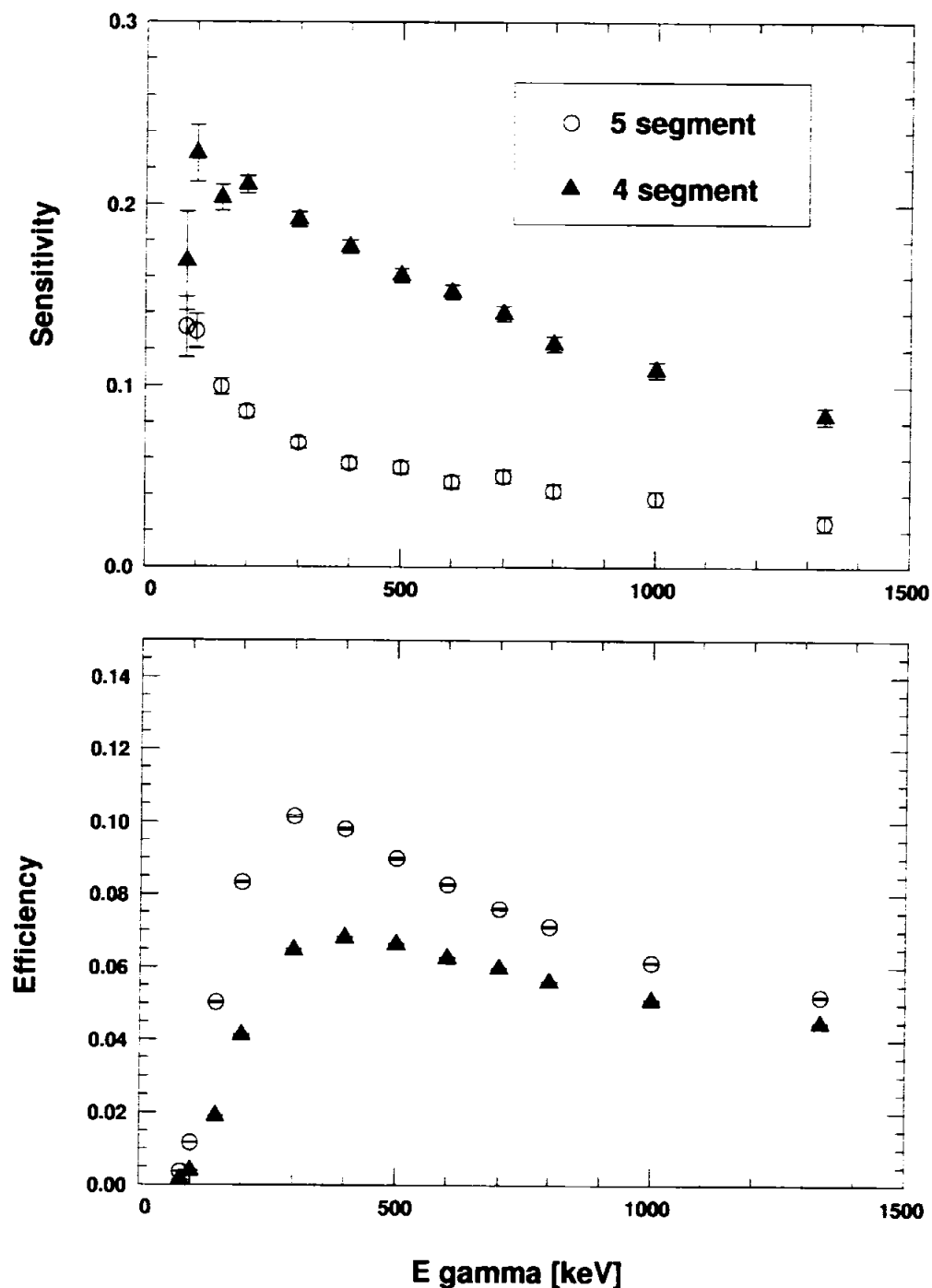


図 3.2 モンテカルロ計算結果。5分割と4分割の比較