

IP を用いた線種識別における最適な蛍光体厚さの設計

○宮田 隆永, 里藤 裕隆, 梶原 将司, 山内 知也, 小田 啓二
神戸大学大学院 海事科学研究科

1. 緒言

イメージングプレート（以下、IP）は輝尽発光 (PSL) を利用した放射線計測器である。IP はあらゆる放射線に対して高い感度を持ち、高分解能かつ二次元分布の計測が可能である。過去の研究では、IP のある対象領域（例えば、1 mm×1 mm）について、さらに微小領域（例えば 100 μm×100 μm）に分割し、微小領域の PSL 強度の対象領域内の平均値のまわりの分布を調べることによって、放射線の種類の情報を得るという手法が提案された。また、その標準偏差と平均値の関係が実験的に求められた。平均 PSL 強度 I_{av} は、粒子あたりの吸収エネルギーを E_d 、粒子数を N とすると、

$$I_{av}=f E_d N \cdots(1)$$

で表される。但し、 f は吸収エネルギーから PSL 強度への変換効率である。一方、相対標準偏差 Σ は、仮に PSL 強度分布の標準偏差が粒子数の統計変動のみで決まるとすると、

$$\Sigma=1/N^{1/2} \cdots(2)$$

となるので(1)式(2)式より

$$\log(\Sigma^2)=-\log(I_{av})+\log(fE_d) \cdots(3)$$

という関係が成り立つ。本研究では実験と計算を用いて計算での PSL 強度の妥当性の検証することを目的とした。そして、分割幅と厚さを持つイメージングプレートの設計にはモンテカルロ計算が必要となる。

2. 実験及びモンテカルロ計算

本研究では、低エネルギーのベータ線やアルファ線などの検出に優れた IP (BAS-TR2025) を使用した。IP は蛍光体層、下塗層、支持体、磁気吸着層の四層から構成されている。蛍光体層が検出器の有感層にあたる部分である。IP に放射線を照射すると蛍光体結晶中に吸収された放射線エネルギーに比例した電子・正孔対が生成され線量の情報として記憶される。光学的な刺激を与えることで発光現象が起こり、その発光強度を専用の装置を用いて読み取ることで、IP に記憶された情報を二次元の画像として認識することができる。IP に記憶された情報は専用の IP リーダー (BAS-1800) を用いて読み取り、領域を 100 μm×100 μm の 1024 個に区切って測定した。実験は、⁹⁰Sr 線源 (5000 [Bq]) を IP 表面に密着させ、入射粒子数を 10000~200000 に変化させ PSL 強度の計測を行った。横軸は、平均 PSL 強度 I_{av} と PSL 強度 I を用いて $(I - I_{av}) / I_{av}$ として規格化を行った。縦軸は、カウント総数で規格化を行った。

シミュレーションの計算手法としてモンテカルロコード EGS5 を用いた。計算は、一辺が 100 μm×100 μm、蛍光体層と磁気吸着層の厚さを 150 μm、支持体層の厚さを 190 μm とし最小領域を、32×32 の 1024 個の体系で粒子が等方的に入射する体系で入射粒子数を変化させ行った。横軸は、平均 PSL 強度 I_{av} と PSL 強度 I を用いて $(I - I_{av}) / I_{av}$ として規格化を行った値である。縦軸は、カウント総数で規格化を行った。実験と計算結果の一例を図 1 に示す。

3. 結果と考察

実験結果と計算結果より標準偏差と PSL 強度の平均値をプロットしたグラフを図 2 に示す。図 2 から分かるように、傾き -1 の直線に乗っていることが確認できる。この結果より実験結果は計算結果と良い一致を得た。また、測定領域の一辺 100 μm×100 μm をさらに細かく分割し計算することで、より細かい領域での PSL 強度の分布の分布を得ることができる。そして有感層である蛍光体層の厚さも変えて計算することにより、適切な分割幅と厚さを持つイメージングプレートの設計をすることができる。

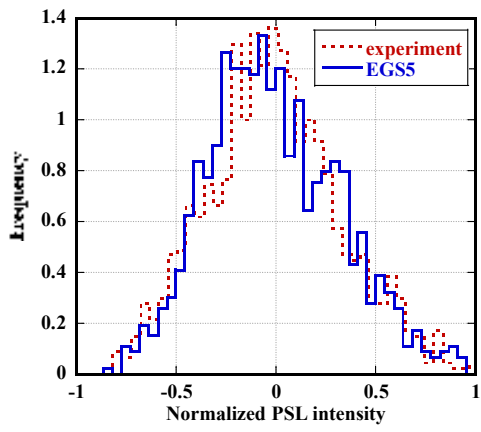


図 1 PSL 強度の実験結果と計算結果の分布

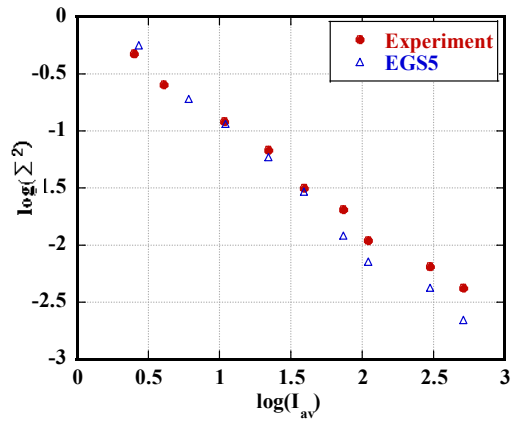


図 2 平均 PSL 強度と相対標準偏差の関係